



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Thaís Jorge de Vasconcellos

**Dinâmica de crescimento de *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth.
(Leguminosae-Papilionoideae) na Floresta Atlântica, Rio de Janeiro, Brasil**

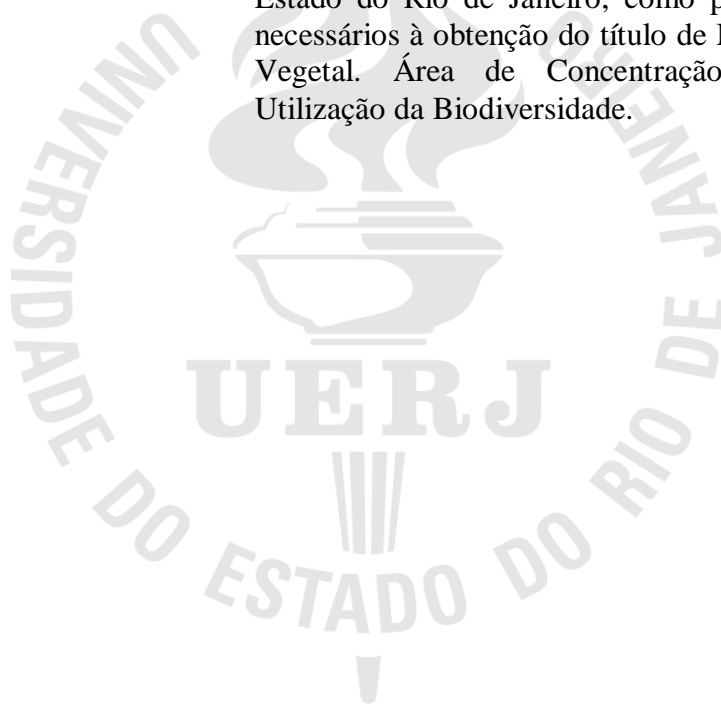
Rio de Janeiro

2012

Thaís Jorge de Vasconcellos

**Dinâmica de crescimento de *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth.
(Leguminosae-Papilionoideae) na Floresta Atlântica, Rio de Janeiro, Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal. Área de Concentração: Conservação e Utilização da Biodiversidade.



Orientadora: Dra. Cátia Henriques Callado

Rio de Janeiro

2012

CATALOGAÇÃO NA FONTE

UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/A

V331 Vasconcelos, Thaís Jorge de

Dinâmica de crescimento de *Centrolobium robustum* (Vell.)
Mart. ex Benth. (Leguminosae-Papilionoideae) na Floresta Atlântica,
Rio de Janeiro, Brasil / Thaís Jorge de Vasconcellos. - 2012.

64 f. : il.

Orientadora: Cátia Henriques Callado

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.

Bibliografia: f.51-64.

1. Dendrocronologia - Rio de Janeiro (RJ) - Teses. 2. Mata
Atlântica - Teses. I. Callado, Cátia Henriques. II. Universidade do
Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara
Gomes. III. Título.

CDU 582.752.3 (815.3)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação.

Assinatura

Data

Thaís Jorge de Vasconcellos

**Dinâmica de crescimento de *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth.
(Leguminosae-Papilionoideae) na Floresta Atlântica, Rio de Janeiro, Brasil.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal. Área de Concentração: Conservação e Utilização da Biodiversidade.

Aprovada em 16 de fevereiro de 2012.

Orientadora:

Prof^ª. Dra. Cátia Henriques Callado
Departamento de Biologia Vegetal da UERJ

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Maura Da Cunha
Centro de Biociências e Biotecnologia da UENF

Prof^a. Dra. Dulce Gilson Mantuano
Instituto de Biologia da UFRJ

Prof. Dr. Gabriel U. C. A. dos Santos
Colégio Pedro II

Rio de Janeiro

2012

DEDICATÓRIA

À minha família linda!

AGRADECIMENTOS

À Dra. Cátia Henriques Callado, por todos os seus ensinamentos e por despertar em mim a paixão pela Botânica, em especial pelas “bolinhas da Anatomia Vegetal”.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos, e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, pelo apoio outorgado à Dra. Cátia Henriques Callado, que proporcionou a infraestrutura necessária à elaboração deste trabalho.

À Monique Silva Costa, pelos momentos sérios na execução e nas discussões deste trabalho e pelos “papos” e risadas.

À Walter da Silva, por seus valiosos conhecimentos de vida e pelo auxílio em todos os trabalhos de campo.

Aos meus amigos Botânicos, em especial Maxmira, Rafaella, Carla, Kelly, Camila, Priscila, Monique, Anderson e Luciana, pelas conversas, companhia nos almoços e períodos intermináveis de laboratório.

Aos Drs. Arno Brandes, Jakeline Pires, Cláudia Barros e Cláudio Lisi pela contribuição de referências bibliográficas e pelas discussões tão valiosas.

Aos técnicos do Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Jeanne e Silvana, e do Laboratório de Botânica Estrutural do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rogério, Felipe e Elaine, por me ajudarem no processamento do material.

A todos do Laboratório de Biologia Celular e Tecidual, em especial à Dra. Maura Da Cunha, pelas análises e discussões sobre Microscopia Eletrônica de Transmissão, e à Bióloga Camilla Ribeiro Alexandrino, pelos ensinamentos práticos e hospitalidade.

À todos do Laboratório de Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira, em especial Dr. Mário Tomazello Filho, Moisés Lobão e Victor Moutinho, pelas discussões sobre anéis de crescimento.

Aos amigos que “Piracicaba” me trouxe, Alisson, Raquel, Fernando e Ana Paula, por alegrarem meus dias na cidade.

Aos meus pais, Alita e Luiz, as pessoas mais importantes da minha vida!! Meus amores, meus amigos, meus orgulhos, meus exemplos!!

Aos meus irmãos, que torcem tanto por mim e que eu amo tanto!

Ao meu noivo/esposo André, pelo incentivo moral e prático em todos os meus trabalhos e por todo seu amor, carinho e atenção.

À minha sobrinha Bárbara, por desviar minha atenção diversas vezes nos momentos de concentração, permitindo com que eu tivesse diferentes olhares para as mesmas discussões.

À família Pereira por todos os mimos nos momentos de correria, em especial Daniel e André, por organizarem minhas referências bibliográficas e divertirem meus finais de semana.

Aos meus amigos queridos, entre eles: Vanessa, Isabela e Camila's, que me ouvem falar "Biologices botânicas" diariamente.

À Deus e à Nossa Senhora, que permitiram que tudo fosse possível!

RESUMO

VASCONCELLOS, Thaís Jorge de. **Dinâmica de crescimento de *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. (Leguminosae-Papilionoideae) na Floresta Atlântica, Rio de Janeiro, Brasil.** 2012. 64 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, 2012.

O conhecimento sobre o ritmo de crescimento radial e a idade das árvores é um aspecto básico para compreender a dinâmica das populações, bem como o desenvolvimento e a sobrevivência das espécies. Nos trópicos, entretanto, estudos populacionais com este enfoque ainda são escassos, a despeito da urgente necessidade de preservação e manejo de suas florestas. Este trabalho tem por objetivo: i) Descrever a atividade cambial e o comportamento fenológico de *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth., correlacionando estes parâmetros entre si; ii) Avaliar a influência da sazonalidade climática e do fotoperíodo sobre a atividade cambial e o comportamento fenológico e iii) Caracterizar o padrão estrutural dos anéis de crescimento e determinar, a partir destes, a idade e as taxas de crescimento radial da espécie na Reserva Biológica do Tinguá, RJ. Para a análise da atividade cambial, amostras de câmbio foram coletadas trimestralmente, processadas segundo técnicas usuais de anatomia vegetal e observadas sob microscopia ótica de campo claro, de fluorescência, de polarização e microscopia eletrônica de transmissão. O acompanhamento fenológico foi realizado mensalmente e os índices de atividade e de intensidade foram utilizados para analisar as fenofases reprodutivas e vegetativas, respectivamente. Para a investigação dendrocronológica, foram coletadas amostras com auxílio de sonda de Pressler, as quais foram polidas e observadas sob microscópio estereoscópico. Os resultados evidenciaram um ciclo anual de atividade e dormência cambial, caracterizados, respectivamente, pela presença de células em processo de divisão e diferenciação junto ao câmbio e de células completamente diferenciadas e deposição de calose em elementos de tubo crivado adjacentes à zona cambial. A dormência cambial coincidiu com a senescência e queda foliar, enquanto a atividade foi mais evidente na presença de folhas adultas na copa. A sazonalidade da atividade cambial apresentou correlação significativa com os dados de temperatura, precipitação e fotoperíodo do mês de realização das coletas. Foi constatado o regime sazonal da atividade cambial em associação ao clima e ao comportamento fenológico da espécie, conferindo caráter anual aos anéis de crescimento. Os resultados permitiram estabelecer o padrão dendroecológico de *C. robustum* e as idades e taxas de crescimento da população estudada.

Palavras-chave: Atividade cambial. Dendrocronologia. Mata Atlântica

ABSTRACT

Radial growth rhythm and tree longevity are essential to understand forest dynamics, as well as species development and survival. However these studies are still scarce in the tropics, despite the urgent need for preservation and management of its forests. The objectives of this study are: i) to describe cambial activity and phenology of *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth., correlating these parameters to each other; ii) To evaluate the influence of climate seasonality and photoperiod on cambial activity and phenology and iii) To characterize the structural pattern of growth rings and to determine, from them, the age and radial growth rates of *C. robustum* in Tinguá Biological Reserve, RJ. For the analysis of cambial activity, samples were collected quarterly and processed according to usual techniques of plant anatomy. The material was observed under light, fluorescence, polarization and transmission electron microscopy. Phenological monitoring was conducted monthly and activity and intensity indexes were used to analyze the vegetative and reproductive phenophases, respectively. For dendrochronological investigations, samples collected with an increment borer were polished and observed in stereoscopic microscope. The results showed an annual cycle of the activity and dormancy, characterized respectively by the presence of cells undergoing division and differentiation next to the cambium and by fully differentiated cells and callose deposition in sieve tube elements adjacent to the cambial zone. Cambial dormancy coincided with leaf senescence and fall, while activity was more evident while adult leaves were present in the canopy. Seasonality of cambial activity showed significant correlation with temperature, precipitation and photoperiod in the sampling month. Seasonal cambial activity in association with climate and phenology of the species was determined, allowing characterization of the growth rings as annual. Results allowed the establishment of the dendroecological pattern of *C. robustum* and the ages and growth rates of the studied trees.

Keywords: Cambial activity. Dendrochronology. Atlantic Forest

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	9
1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
1.1	Mata Atlântica	10
1.2	Família Leguminosae	11
1.2.1	<u>Subfamília Papilionoideae</u>	13
1.3	<i>Centrobium robustum</i>	13
1.4	Dinâmica de crescimento	16
1.4.1	<u>Crescimento radial</u>	16
1.4.2	<u>Fenologia</u>	17
1.4.3	<u>Anéis de crescimento</u>	18
2	OBJETIVOS	21
2.1	Objetivo geral	21
2.2	Objetivos específicos	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	Sítio de estudo e variáveis ambientais avaliadas	22
3.2	Espécie e indivíduos selecionados para estudo	23
3.3	Atividade cambial	24
3.4	Fenologia	27
3.5	Análises estatísticas	28
3.6	Anéis de crescimento e dendrocronologia	28
4	RESULTADOS	30
4.1	Atividade cambial	30
4.2	Comportamento fenológico	35
4.3	Variáveis ambientais	36
4.4	Correlações entre atividade cambial, fenologia e/ou variáveis ambientais	36
4.5	Dendrocronologia	39
5	DISCUSSÃO	43
6	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS	51

INTRODUÇÃO

A periodicidade do crescimento radial em árvores tropicais tem despertado o interesse de pesquisadores em diferentes áreas da ciência. Enquanto as primeiras atenções voltavam-se mais para o manejo econômico e a exploração madeireira, as investigações atuais focalizam, preferencialmente, os aspectos ecológicos, climáticos e conservacionistas, sobretudo aqueles relacionados à regeneração natural de florestas, ao ciclo do carbono e às mudanças climáticas globais (por exemplo: WORBES 1989, 1995, 2002; CALLADO *et al.* 2001, 2004; SCHÖNGART *et al.* 2002; DÜNISCH *et al.* 2003;).

Estudos sobre a atividade cambial, principalmente de formação do xilema, fornecem não apenas dados sobre a idade das árvores, mas também indícios sobre os possíveis fatores que controlam o crescimento destas (MARCATI *et al.* 2008). Em espécies tropicais, a sazonalidade na dinâmica de crescimento radial tem sido relatada em diversos estudos (WORBES 2002) e associada a fatores como: estação seca bem definida (WORBES 1989; VERHEYDEN *et al.* 2004), inundações sazonais (WORBES 1985, 1999; CALLADO *et al.* 2001), fotoperíodo (BORCHERT 1999; CALLADO *et al.* 2001, 2004), comportamento fenológico (BORCHERT 1999; CALLADO *et al.* 2001, 2004) e ritmos endógenos (FAHN 1995; CALLADO *et al.* 2001). Assim, as variações do ambiente são capazes de ficar armazenadas nos anéis de crescimento e estes servirem como indicadores do presente e do passado ambiental (GONÇALVES 2007; CALLADO 2010).

Dentro desse contexto, o presente estudo investiga como ocorre e quais fatores ambientais influenciam a atividade do câmbio, e por consequência, a formação dos anéis de crescimento de *Centrolobium robustum* se desenvolvendo em habitat natural na Floresta Atlântica do estado Rio de Janeiro. Além disso, as camadas de crescimento formadas no xilema secundário dessa espécie foram caracterizadas e a idade e as taxas de incremento radiais das árvores amostradas foram calculadas.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.2 Mata Atlântica

O território brasileiro é composto por diferentes biomas que lhe conferem uma exuberante beleza, muitos recursos naturais e hídricos, além de uma elevada diversidade biológica (SOUZA 2003). Dois desses biomas brasileiros, o Cerrado e a Mata Atlântica (Figura 1), são apontados com áreas prioritárias à conservação - *Hotspots* (MYERS 1988, 1990; MITTERMEIER et al. 1999; CONSERVATION INTERNATIONAL 2011).

A Mata Atlântica ocupa o 4º lugar na lista dos *hotspots* devido aos seus elevados índices de diversidade biológica e nível de degradação, aliado à alta concentração de espécies endêmicas, seja para fauna como para flora, e constitui o habitat natural de várias espécies ameaçadas de extinção (MYERS et al. 2000; BORÉM & OLIVEIRA-FILHO 2002; CONSERVATION INTERNATIONAL 2005; MITTERMEIER et al. 2011).

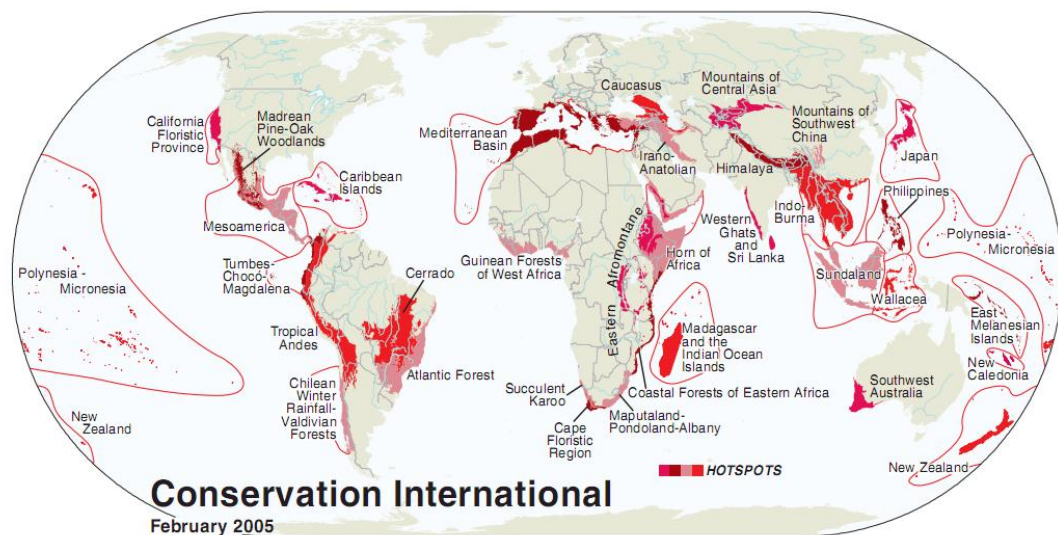


Figura 1 – Mapa atualizado dos *hotspots* mundiais, atualizado pelo Conservation International Institute

Fonte: CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL INSTITUTE, 2011.

Esse bioma, desde o descobrimento do Brasil, vem sofrendo um intenso processo de desmatamento e fragmentação. Tal circunstância tem sido alvo de uma série de iniciativas que buscam orientar a conservação de seus remanescentes, os quais representam menos de 7% da cobertura original (PESSOA & OLIVEIRA 2005; FONSECA et al. 2005). Apesar do ritmo

acelerado de devastação, Moore (2005) afirma que quase todas as espécies conhecidas para a Mata Atlântica ainda podem ser encontradas nos fragmentos existentes, embora em áreas reduzidas e muitas vezes isoladas (KLABIM & MACHADO 2005; PIRES 2008). Assim, quanto mais se souber sobre a biodiversidade desse bioma e sobre as ameaças que o mesmo vem enfrentando, melhor conduzidos serão os programas para sua conservação (MOORE 2005).

Atualmente, as áreas de Floresta Atlântica melhor preservadas estão localizadas basicamente em unidades de conservação ambiental ou em escarpas muito íngremes e em altitudes elevadas, o que torna a ocupação urbana e as práticas agrícolas ou madeireiras inviáveis (MORENO et al. 2003). A região costeira dos estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia e região serrana do Espírito Santo concentram os remanescentes com extensões maiores. A Serra do Mar é considerada, desde 1992 como Reserva da Biosfera da Mata Atlântica pela UNESCO. Apesar de apresentar extensa rede de áreas protegidas (98,69% dos remanescentes) esses, normalmente, apresentam áreas inferiores a 100 hectares (PINTO et al. 2006).

O estado do Rio de Janeiro possui 820.567 ha de florestas, o que equivale a 18,74% do total de sua área, sendo a Floresta Atlântica a fisionomia que caracteriza o Estado (MMA/IBAMA 2006). A Reserva Biológica do Tinguá, com seus 26 mil hectares (MMA/IBAMA 2006), se destaca como um dos principais remanescentes do bioma na Serra do Mar. Os estudos realizados nessa região são fundamentais para a conservação e entendimento dos processos ecológicos da Mata Atlântica no sudeste do país (JESUS 2009).

1.2 Família Leguminosae

As Leguminosae estão entre as plantas mais conhecidas nas diversas partes do mundo. Muitas espécies são utilizadas na alimentação, como o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), a fava (*Vicia faba* L.), a soja (*Glycine max* (L.) Merr.), o amendoim (*Arachis hypogaea* L.), a ervilha (*Pisum sativum* L.) e o grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), por exemplo. Algumas são cultivadas na arborização de ruas como o flamboyant (*Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf.), a sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides* (Benth) L. P. Queiroz) e várias espécies de *Erythrina* sp. L., *Acacia* sp. Mill., *Bauhinia* sp. L., dentre outras (QUEIROZ 2009).

As Leguminosae têm distribuição cosmopolita, podendo ser encontradas em praticamente todos os ambientes terrestres. Suas espécies são encontradas desde o nível do mar até o alto das montanhas, de florestas pluviais a desertos, de áreas quentes equatoriais a áreas frias próximas aos pólos (LEWIS et al. 2005), podendo, também, ser aquáticas (CAMARGO 2005). A família é constituída por 3 subfamílias, 727 gêneros e 19.327 espécies (LEWIS et al. 2005). É a terceira maior família de Angiospermas, menor apenas que Orchidaceae e Asteraceae (DOYLE & LUCKOW 2003). Em importância econômica é superada apenas por Poaceae (QUEIROZ 2009). Porém, nenhuma dessas três grandes famílias apresentam o grau de diversificação morfológica existente nas Leguminosae. A família apresenta espécies de hábitos muito variados, desde árvores gigantes, arbustos de diferentes alturas, lianas robustas à trepadeiras herbáceas e ervas anuais diminutas (DOYLE & LUCKOW 2003). Essas características tornam as Leguminosae um modelo singular para a avaliação da diversidade, principalmente sob o ponto de vista da distribuição e riqueza de espécies (LIMA 2000).

No território brasileiro, há alguns estudos sobre a periodicidade de formação dos anéis de crescimento em espécies da família Leguminosae (por exemplo, WORBES & JUNK 1989; LUCHI 1998; MATTOS 1999; CORADIN 2000). Lisi et al. (2008) descreveram as características anatômicas e a periodicidade anual do crescimento de onze espécies de Leguminosae em florestas sazonais semidecíduais de São Paulo, sendo uma delas do mesmo gênero da espécie investigada neste trabalho (*C. tomentosum* Guillemin ex. Benth.). Recentemente, Brandes et al. (2011) conseguiram construir cronologias com três espécies de lianas da família, em Floresta Ombrófila Densa no estado do Rio de Janeiro, e constataram a influência das variações climáticas locais no crescimento radial. Callado & Guimarães (2010) também investigaram os anéis de crescimento de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake após um episódio de mortalidade natural ocorrido em Ilha Grande, RJ. Espécies de Leguminosae também têm sido investigadas sob este parâmetro em outras áreas tropicais, e algumas cronologias já foram estabelecidas, por exemplo, para a Bolívia, na América do Sul e o Zimbábue, Namíbia e Benin, na África (STAHLÉ et al. 1999; FICHTLER et al. 2004; BRIENEN & ZUIDEMA, 2005; SCHÖNGART et al. 2006; LÓPEZ & VILLALBA 2010).

1.2.1 Subfamília Papilionoideae

A classificação tradicional das Leguminosae reconhece três subfamílias: Cesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae. Trabalhos de filogenia baseados tanto em dados morfológicos quanto moleculares apóiam o monofiletismo da família (DOYLE et al. 1997; LAVIN et al. 2001; GEPTS et al. 2005). As Papilionoideae e Mimosoideae (excluindo *Dinizia* sp. Ducke) são apoiadas como monofiléticas, enquanto que Cesalpinioideae é considerada parafilética (WOJCIECHOWSKI et al. 2004).

A subfamília Papilionoideae constitui a maior e mais diversa subfamília dentre as Leguminosae, com mais de 480 gêneros e, aproximadamente, 12.000 espécies. Esta distingue-se das outras duas subfamílias por características relacionadas à composição da folha e estrutura floral. Entre outras características, as Papilionoideae caracterizam-se por apresentarem flores zigomorfas, com a pétala adaxial externa às pétalas laterais (BENTHAM 1876 *apud* SCALON 2007).

1.3 *Centrolobium robustum*

A espécie selecionada para o estudo pertence à subfamília Papilionoideae e ao gênero *Centrolobium* Mart. ex Benth.

Centrolobium é um gênero exclusivo da área neotropical e ocorre nas formações florestais desde o sul da América Central até o sul do Brasil (LIMA 1985; PIRIE et al. 2009). Esse, possui sete espécies: *C. yavizanum* Pittier, *C. paraense* Tul., *C. ochroxylum* Rose ex Rudd, *C. microchaete* (Mart. ex Benth.) H.C. Lima, *C. tomentosum* Guillemain ex Benth., *C. sclerophyllum* H.C. Lima e *C. robustum* (Vell.) Mart. ex Benth, que crescem principalmente em áreas de floresta tropical sazonalmente seca, mas podem ocorrer também em florestas úmidas. O gênero está presente no Brasil, Bolívia, Equador, Peru, Colômbia, Venezuela, Panamá e Guianas (PIRIE et al. 2009).

Centrolobium robustum, conhecida popularmente, no estado do Rio de Janeiro, como araribá (CARVALHO 2003), possui pequena área de distribuição e ocorre naturalmente nos estados da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (LIMA 1985; CARVALHO 2003. Figura 2).

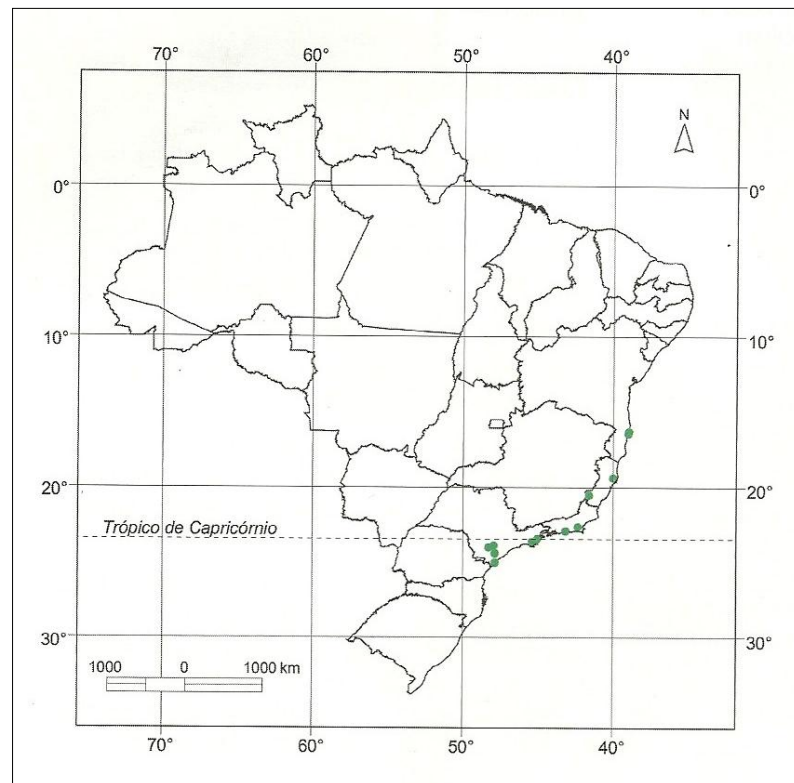


Figura 2 – Mapa de distribuição de *Centrolobium robustum*, identificando os locais de ocorrência natural da espécie.

Fonte: CARVALHO, 2003.

Centrolobium robustum é uma espécie heliófita, que tolera sombreamento na fase juvenil, mas não tolera baixas temperaturas (CARVALHO 2003). Pertence ao grupo sucessional secundário tardio e, algumas vezes, pode ocupar o estrato emergente da floresta. Ocorre na Floresta Ombrófila Densa, nas matas da Serra do Mar, tendo preferência pelas áreas mais úmidas e de baixa altitude (LIMA 1985). A espécie é semicaducifólia, em média com 7-15 m de altura e diâmetro, a 1,30 cm acima do solo (Diâmetro à Altura do Peito – DAP), entre 20 a 40 cm, mas pode alcançar até 30 m de altura e 90 cm de DAP (CARVALHO 2003). Seu tronco é reto, cilíndrico, com sátopemas basais. A casca externa é levemente fissurada, cinzento-clara ou pardo-acinzentada. As folhas são compostas, com 13-23 folíolos. O fruto é do tipo sâmara, com 18 a 28 cm de comprimento por 6 a 12 cm de largura, glabra, achatada, com estipe de 1 a 2 cm de comprimento (Figura 3B). O núcleo seminífero apresenta numerosos espinhos glabros variando de 1,5 a 5 cm de comprimento, divididos internamente em câmara monospermicas por 2 a 3 septos mais ou menos transversais. Apresenta 1 a 3 sementes por fruto. A ala do fruto mede de 2 a 3 cm, é coriácea, pode ser pubescente ou

glabra e possui espinho estilar. É uma espécie hermafrodita e polinizada por abelhas e pequenos insetos (LIMA 1985; CARVALHO 2003).

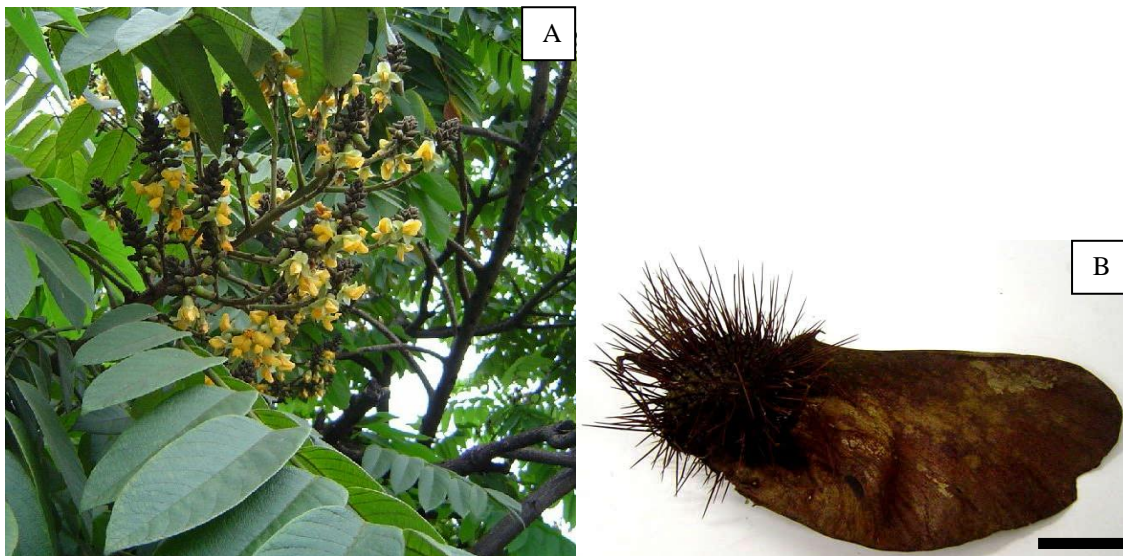


Figura 3. Imagens de *Centrolobium robustum*.

Legenda: (A) Aspecto geral da inflorescência da espécie. (B) Fruto da espécie.

Fontes: A: ÁRVORES DO BRASIL, 2011; B: Foto: Thaís Vasconcellos

Nota: B: Barra = 2 cm.

O araribá não é exigente quanto ao solo (CARVALHO 2003). Em experimentos e em plantios realizados no Paraná tem crescido melhor em solo de fertilidade química elevada, profundo, bem drenado, de textura que varia de franca-argilosa a argilosa. No Espírito Santo, tem apresentado crescimento satisfatório em solos de fertilidade química baixa e de textura que varia de arenosa a franca-argilosa (LIMA 1985).

Assim como na maioria das Leguminosae, as raízes de *Centrolobium robustum* apresentam associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, formando nódulos globosos e com atividade da nitrogenase. Apresenta, também, micorrizas arbusculares (CARVALHO 2003). Essas são vantagens que permitem à espécie competir com sucesso com outras plantas e colonizarem ambientes pobres em nitrogênio (FARIA et al. 2006; DUTRA et al. 2008). Por esses aspectos, *C. robustum* é indicada como prioritária em reflorestamentos e recuperação de áreas degradadas. A espécie é recomendada ainda para arborização urbana e plantios comerciais, visto que sua madeira pode ser empregada na fabricação de móveis de luxo, construção civil e produção de carvão (INOUE et al. 1984; CARVALHO 2003).

Os estudos de dinâmica de crescimento e dendrocronologia ainda são raros para o gênero *Centrolobium*. Tomazello-Filho et al. (2004) e Lisi et al. (2008) descreveram as

camadas de crescimento e a periodicidade do incremento radial de *C. tomentosum* Guillemín ex Benth. crescendo no estado de São Paulo, e recentemente, López & Villalba (2010) estudaram a influência do clima no crescimento radial de *C. microchaete* (Mart. ex Benth.) H.C. Lima se desenvolvendo em uma floresta tropical seca na Bolívia.

1.4 Dinâmica de crescimento

1.4.1 Crescimento radial

A maioria das espécies de monocotiledôneas e umas poucas dicotiledôneas herbáceas completam seu ciclo de vida apenas com a ação dos meristemas primários. Porém, a maioria das dicotiledôneas e gimnospermas apresenta crescimento adicional em espessura (CARMELLO-GUERREIRO & APEZZATO-DA-GLÓRIA 2006). O crescimento em espessura na planta é decorrente da atividade do câmbio e do felogênio.

Diversos estudos analisaram o crescimento radial de espécies tropicais com o objetivo de compreender sua fisiologia, periodicidade e respostas aos fatores ambientais (DAVE & RAO 1982; ANTONOVA & STASOVA 1997; RAO & RAJPUT 1999; 2001; CALLADO et al. 2001; 2004; GROOVER & ROBISCHON 2006; MARCATI et al. 2006; 2008; SKOMARKOVA et al. 2006; VENUGOPAL & LIANGKUWANG 2007; GRICAR et al. 2009; YAÑEZ-ESPINOSA et al. 2010).

A despeito dos estudos que avaliam o crescimento radial pelo monitoramento da produção de células na zona cambial, questões como a delimitação da zona cambial e das camadas celulares em diferenciação no xilema e floema secundários; o início e término da atividade do câmbio; os reguladores fisiológicos, genéticos e ambientais do crescimento periódico e as melhores metodologias de coleta e de processamento para facilitar a distinção dos períodos de atividade e dormência, ainda precisam ser discutidas (RENSING & SAMUELS 2004; FRANKENSTEIN et al. 2005; MARCATI et al. 2006; 2008; GROOVER & ROBISCHON 2006; VENUGOPAL & LIANGKUWANG 2007; RAJPUT et al. 2008; JONO 2009; YAÑEZ-ESPINOSA et al. 2010).

1.4.2 Fenologia

A fenologia é a ciência que estuda os eventos biológicos periódicos, as suas causas em relação às forças seletivas bióticas e abióticas e a inter-relação desses eventos em uma ou várias espécies (LIETH 1974). Nas plantas, as fenofases representam as mudanças externas, tais como a germinação, brotamento, floração, frutificação e senescência. A partir do acompanhamento fenológico, é possível caracterizar os períodos e a intensidade com que esses eventos ocorrem ao longo do ano (BENCKE & MORELLATO 2002; BORCHERT et al. 2004).

Estudos fenológicos são muito importantes para a compreensão da dinâmica das comunidades vegetais, contribuindo para o entendimento da organização temporal dos recursos naturais e para a descrição dos períodos de reprodução das espécies (TALORA & MORELLATO 2000). Fornecem informações sobre ritmos de crescimento, relações com o clima e o fotoperíodo, produção de frutos e sementes, interações e coevolução entre plantas e animais, sendo muito importante para o manejo das florestas tropicais (TALORA & MORELLATO 2000; BORCHERT et al. 2005; PIRES 2006).

As florestas tropicais exibem uma ampla variação de padrões fenológicos, tanto em pequenas como em grandes escalas geográficas (MORELLATO et al. 2000; BORCHERT et al. 2004). Os ciclos fenológicos são complexos e apresentam padrões irregulares e de difícil reconhecimento (BENCKE & MORELLATO 2002). Cabe destacar também que as metodologias utilizadas nos estudos fenológicos realizados nessas florestas carecem de padronização (BENCKE & MORELLATO 2002). Além disso, a grande maioria dos trabalhos é de curta duração, não evidenciando, portanto, os padrões fenológicos das espécies, nem variações interanuais em seus ritmos (BENCKE & MORELLATO 2002; PIRES 2006).

D'Eça-Neves & Morellato (2003) realizaram um levantamento da literatura e compilaram informações sobre os métodos de amostragem utilizados nos estudos fenológicos realizados em florestas tropicais, desde a década de 1970. As autoras verificaram que os estudos de fenologia têm empregado, em sua maioria, dois métodos de avaliação. O primeiro é qualitativo, definindo apenas a presença ou ausência da fenofase considerada e o segundo, semi-quantitativo, com aplicação de categorias de quantificação, que estimam a intensidade de um dado evento fenológico, sendo mais comum a utilização de cinco categorias de quantificação (0 a 4), com intervalo de 25% entre elas.

Morellato et al. (2002) relatam que os estudos fenológicos de florestas neotropicais têm sido realizados principalmente em florestas que apresentem sazonalidade climática com estações secas bem definidas (precipitação < 60 mm). Os autores descrevem também que os padrões de flores, frutos e produção de folhas nas florestas sazonais têm sido correlacionados com a variação anual da precipitação e da temperatura.

A relação entre a fenologia e a periodicidade do crescimento radial tem sido investigada para espécies se desenvolvendo em diferentes florestas tropicais, como por exemplo, na Índia, Costa Rica, Indonésia e México (DAVE & RAO 1982; REICH & BORCHERT 1984; RAO & RAJPUT. 1999; 2001; BORCHERT 1999; RAJPUT et al. 2008; YÁÑEZ-ESPINOZA et al 2010). No Brasil, os trabalhos que investigaram esse tipo de correlação foram realizados em espécies da Amazônia (SCHÖNGART et al. 2002); do Cerrado (CORADIN 2000; RIVERA et al. 2002) e da Floresta Atlântica, na Floresta Sazonal Semidecídua (MARCATI & ANGYALLOSY 2005; MARCATI et al. 2006; 2008) e na Floresta Ombrófila Densa (CALLADO et al. 2001, 2004; COSTA 2011).

1.4.3 Anéis de crescimento

O crescimento periódico, decorrente da atividade sazonal do câmbio vascular, fica registrado no xilema secundário e é indicado pelas diferentes camadas celulares formadas durante a fase de crescimento ativo e aquelas que se formam antes da interrupção do funcionamento cambial. A este conjunto de camadas celulares diferentes, que representa a atividade do câmbio, sua diminuição e parada, denomina-se anel de crescimento (COSTA *et al.* 2006). Em um anel de crescimento típico, distinguem-se, normalmente duas regiões – lenho inicial ou primaveril e lenho tardio ou outonal. O lenho inicial ou primaveril é a porção de um anel produzida no início da estação de crescimento (primavera). Esta região possui células com maiores lumens e paredes delgadas, apresentando em conjunto coloração mais clara. O lenho tardio ou outonal é a última camada formada na estação de crescimento, apresenta células com menores lumens, paredes mais espessas e coloração mais escura (COSTA et al. 2006).

A dendrocronologia (*dendron* = madeira, *chronos* = tempo e *logus* = estudo) é definida como a ciência que analisa e interpreta o crescimento anual das árvores. Por meio desta ciência é possível determinar a idade das plantas lenhosas com base nos anéis de

crescimento observados no xilema secundário (KAENNEL & SCHWEINGRUBER 1995). Os métodos dendrocronológicos têm sido os mais utilizados para datação da madeira recente e pretérita (GONÇALVES 2007).

As variações do ambiente, como oscilações de temperatura, umidade, radiação solar e outros fatores ambientais, são capazes de ficar armazenados nos anéis de crescimento (GONÇALVES 2007). Devido à sazonalidade característica dos ambientes de clima temperado é consenso que as plantas, nessas condições de crescimento, produzam anéis anuais. A periodicidade anual de formação desses anéis permite que os mesmos sejam aplicados em diversos estudos, como os relacionados ao clima (dendroclimatologia); às mudanças geológicas do ambiente (dendrogeomorfologia); à produtividade de ecossistemas naturais e à produção madeireira (ciências florestais) e, ainda, os relacionados às dinâmicas de populações (ecologia) (BOTOSSO & MATTOS 2002; TOMAZELLO-FILHO et al. 2001b).

Durante muito tempo, devido à baixa sazonalidade climática dos ecossistemas tropicais, acreditava-se que as espécies se desenvolvendo nesses ambientes não formassem anéis de crescimento, ou que quando formados, não representariam um ciclo anual de formação (por exemplo: WORBES & JUNK 1999; CALLADO 2001; TOMAZELLO-FILHO et al. 2001b). Tais características impossibilitariam o trabalho dendrocronológico com as espécies tropicais. Contudo, os estudos realizados nessas espécies têm revelado a existência de anéis de crescimentos anuais, associados a fatores como: estação seca bem definida (WORBES 1989; VERHEYDEN et al. 2004, ESTRADA et al. 2008; BRANDES et al. 2011), inundações sazonais (WORBES 1985; 1999; CALLADO et al. 2001), respostas ao fotoperíodo (BORCHERT 1999; CALLADO et al. 2001; 2004), ao comportamento fenológico (BORCHERT 1999; CALLADO et al. 2001; 2004) e até mesmo à ritmos endógenos (FAHN 1995; CALLADO et al. 2001).

Na Floresta Atlântica, pesquisas que investiguem a ocorrência e periodicidade da formação de anéis de crescimento em árvores abrangem diferentes formações do bioma (Figura 4) como: Floresta Ombrófila Densa (SMITH et al. 1997; CALLADO et al. 2001; BRANDES et al. 2011), Manguezal (ESTRADA et al. 2008), Floresta Estacional Semidecidual (TOMAZELLO-FILHO et al. 2004; LISI et al. 2008, MARCATI et al. 2008), Floresta Estacional Decidual (BONINSEGNA et al. 1989) e Floresta Ombrófila Mista (SEITZ & KANNINER 1989; DÜNISCH 2005; OLIVEIRA et al. 2008).



Figura 4 – Mapa dos estudos sobre a periodicidade do crescimento radial na Mata Atlântica. Fonte: Adaptado de CONSERVATION INTERNATIONAL, 2011.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar a dinâmica de crescimento e o tempo de vida de *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. (Leguminosae - Papilonoideae) se desenvolvendo em um importante remanescente de Floresta Ombrófila Densa no estado do Rio de Janeiro.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever e investigar a relação entre a atividade cambial e o comportamento fenológico de *C. robustum*;
- Investigar a relação entre a atividade cambial e a fenologia da espécie à variação sazonal do clima e do fotoperíodo local;
- Caracterizar o padrão estrutural dos anéis de crescimento da espécie;
- Analisar os anéis de crescimento, determinando a idade e as taxas de crescimento radial da espécie na Reserva Biológica do Tinguá, RJ.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Sítio de estudo e variáveis ambientais avaliadas

O estudo foi desenvolvido na Reserva Biológica do Tinguá ($22^{\circ} 28' - 22^{\circ} 39' S$ e $43^{\circ} 13' - 43^{\circ} 34' W$), sob licenças E-26/171.213/2001 e E-26/110.394/2010. A área representa um importante remanescente da Floresta Atlântica do estado do Rio de Janeiro (Figura 5). A Reserva Biológica do Tinguá foi incorporada à categoria Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA) em 1991, pela UNESCO, quando esse bioma foi classificado como Patrimônio Natural da Humanidade pela Organização das Nações Unidas (SOUZA 2003; MMA/IBAMA 2006).



Figura 5 – Localização da Reserva Biológica de Tinguá.
Fonte: DESACATO, 2011.

Com base na classificação de Veloso et al. (1991), a Rebio do Tinguá se localiza na Região Fitoecológica da Floresta Ombrófila Densa e suas variações (MMA/IBAMA 2006), com a exceção de formações campestres localizadas no topo do Pico do Tinguá, onde predominam afloramentos rochosos e solos muito secos (JESUS 2009). A vegetação encontra-se em bom estado de preservação devido, principalmente, à presença de nascentes que abastecem o sistema de águas do Estado, correspondendo atualmente a uma das únicas

porções ainda florestadas da Baixada Fluminense (JBRJ 2002). As coletas foram realizadas na fitofisionomia submontana, em área pertencente ao município de Nova Iguaçu.

Para a Reserva Biológica do Tinguá, na Região Fitoecológica da Floresta Ombrófila Densa, a precipitação é bem distribuída ao longo do ano, com cerca de 1.500 mm e a temperatura média anual é de 25 °C (MMA/IBAMA 2006). O clima local é definido pela literatura como quente e úmido (SOUZA 2003), correspondendo à classificação Aw, segundo a chave climática de Köppen, modificada por Rolim (2007).

Neste estudo, os cálculos relacionados ao clima e ao fotoperíodo foram realizados considerando o período de Julho a Junho de cada ano investigado: 2004-2005 (ano 1), 2005-2006 (ano 2), 2009-2010 (ano 3) e 2010-2011 (ano 4). Para estes intervalos de tempo, foram obtidos dados de precipitação e temperatura a partir da empresa SOMAR Meteorologia, para a cidade de Nova Iguaçu, e de fotoperíodo, do Observatório Nacional do Rio de Janeiro. O diagrama climático, constituído dos valores de temperatura e precipitação, foi construído a partir das recomendações de Walter et al. 1975.

3.2 Espécie e indivíduos selecionados para estudo

Centrolobium robustum é uma espécie bem representativa na Reserva Biológica do Tinguá, integrando o estrato superior da mata e ultrapassando 30 metros de altura e 75 cm de diâmetro. Seus frutos são anemocóricos e alcançam até 20 cm de comprimento na área de estudo (Figura 3B).

Para este estudo foram selecionados quatorze indivíduos adultos, de fuste reto, sem bifurcações ou deformidades aparentes, com alturas que variaram entre 15 e 40 m. Dez dos quatorze indivíduos foram investigados quanto ao comportamento fenológico ao longo de três dos quatro anos deste trabalho (Tabela 1). O número de árvores monitoradas quanto à atividade cambial variou entre os anos de estudo como é indicado na Tabela 1. Para a avaliação dendrocronológica, foram utilizadas doze das quatorze árvores selecionadas para este trabalho (Tabela 1).

Tabela 1 – Períodos de monitoramento do crescimento radial de *Centrolobium robustum* e tipo de análise realizada e número de indivíduos selecionados em cada ano de estudo.

Árvores	Diâmetro (cm)	Dendrocronologia	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4	
			2004-2005		2005-2006		2009-2010		2010-2011	
			Câmbio	Fenologia	Câmbio	Fenologia	Câmbio	Fenologia	Câmbio	Fenologia
1	67	-	-	•	-	•	•	•	•	-
2	49	-	•	•	-	•	•	•	-	-
3	46	•	-	•	-	•	•	•	•	-
4	56	•	-	•	-	•	•	•	-	-
5	54	•	-	•	-	•	•	•	-	-
6	71	•	-	•	-	•	•	•	-	-
7	73	•	•	•	-	•	•	•	-	-
8	54	•	•	•	-	•	•	•	-	-
9	76	•	•	•	-	•	•	•	-	-
10	64	•	•	•	-	•	•	•	-	-
11	44	•	-	-	-	-	-	-	-	-
12	41	•	-	-	-	-	-	-	-	-
13	45	•	-	-	-	-	-	-	-	-
14	64	•	-	-	-	-	-	-	-	-

3.3 Atividade cambial

Para o estudo da atividade cambial, amostras de caule, contendo câmbio, xilema e floema secundários foram coletadas ao longo de três dos quatro anos de estudo (Tabela 2). As coletas foram realizadas, por método não destrutivo, a uma distância de 1,30 m do solo (Figura 6).

Tabela 2 – Anos e meses em que foram realizadas as coletas de câmbio e técnicas de microscopia aplicadas em cada período.

	Seco Inverno	Úmido Primavera	Úmido Verão	Seco Outono	Técnicas de microscopia aplicadas
Ano 1 2004-2005	Jul	Out	Fev	Mai	Campo claro, fluorescência e polarização
Ano 3 2009-2010	Ago	Nov	Fev	Mai	Campo claro, fluorescência e polarização
Ano 4 2010-2011	Ago	Nov	Fev	Mai	Campo claro e fluorescência e eletrônica de transmissão

Para as análises sob microscopia de campo claro, de fluorescência e de polarização, o material botânico foi fixado em formalina-ácido acético-etanol 50 % (SASS 1958); desidratado em série alcoólica ascendente (Johansen 1940); incluído em resina plástica (Historesin[®]). Após, o material foi seccionado em micrótomo rotativo, a uma espessura de 2 a 5 μm , nos planos transversal e longitudinal radial. Parte das seções histológicas foi corada por Azul de Toluidina O (FEDER & O'BRIEN 1968) e outra parte, submetida aos marcadores fluorescentes Auramina O e Azul de Anilina (BARROS & MIGUENS 1998; RUZIN 1999). A presença de cristais foi evidenciada sob luz polarizada com filtro vermelho λ . As análises de microscopia de campo claro e sob luz polarizada foram realizadas ao microscópio óptico Olympus BX 41 e as imagens, obtidas com câmera de vídeo Q Collor R3 e software Image-Pro Express 6.0. As análises de microscopia de fluorescência foram obtidas com microscópio Olympus BX 50 e as imagens com câmera de vídeo Cool Snap-PRO e o software Image-Pro Plus 4.0. Para a microscopia de fluorescência, utilizou-se os filtros de excitação azul (470-490 nm) e emissão amarelo (515-565 nm), para o fluorocromo Auramina O (BARROS & MIGUENS 1998) e de excitação ultravioleta (330-365 nm) e emissão azul (455-480 nm) para o fluorocromo Azul de Anilina (RUZIN 1999).



Figura 6 – Coleta não-destrutiva do material botânico.

Legenda: (A) Retirada das amostras contendo periderme, câmbio e xilema e floema secundários recém-formados. (B) Aspecto geral dos corpos de prova. (C) Aplicação de tinta comercial antifúngica e antimicrobiana na injúria realizada no caule. (D) Injúria completamente cicatrizada após dois anos da coleta.

Foto: Thaís Vasconcellos

Para microscopia eletrônica de transmissão o material botânico foi fixado em solução de glutaraldeído 2,5 %, formaldeído 4,0 % e tamponadas em cacodilato de sódio 0,05 M, em pH 7,2 (KLEIN et al. 2004). Posteriormente, as amostras foram lavadas no mesmo tampão; pós-fixadas em solução de tetróxido de Ósmio 1 % e tampão cacodilato de sódio 0,05 M, em temperatura ambiente; desidratados em acetona e incluídos em resina epóxi (Epon 812)[®] (LUFT 1961). Alguns fragmentos foram lavados e pós-fixados com vermelho de Rutênio a uma concentração de 0,02% (LUFT 1971) e outros, em KMnO_4 a 0,05 mg/mL (MÉRIDA et al. 1981). As seções ultra-finas, da ordem de 70 a 80 nm, foram coletadas em grades de cobre de 300 mesh, contrastadas com acetato de uranila 5 % e citrato de chumbo (REYNOLDS 1963) e observadas em microscópio eletrônico de transmissão EM-ZEISS 900, 80 KV. Algumas seções histológicas, oriundas de material processado de acordo com as técnicas de microscopia eletrônica, foram confeccionadas a uma espessura de 2 μm e observadas sob microscopia de campo claro. Estas seções foram observadas sob microscópio óptico Olympus

BX 41 e as imagens foram obtidas com câmera de vídeo Q Collor R3 e software Image-Pro Express 6.0.

A atividade do câmbio foi determinada aferindo-se, em seções transversais, sob microscopia ótica de campo claro, o número de células do câmbio e suas derivadas imediatas, que reunidas formam a zona cambial (EVERT 1963; MARCATI et al. 2008). Foram considerados 20 raios aleatórios na zona cambial, de cada um dos indivíduos amostrados e em cada um dos períodos de coleta. Foram mensuradas também, em seções transversais, a espessura das paredes periclinais e anticlinalis e o comprimento radial das células na zona cambial.

3.4 Fenologia

O comportamento fenológico foi monitorado mensalmente em três dos quatro anos de estudo (Tabela 1). Para a análise das fenofases reprodutivas foi utilizado o índice de atividade, indicando-se a presença ou ausência das fenofases floração e frutificação (BENCKE & MORELLATO 2002). Para avaliação das fenofases vegetativas (brotamento e abscisão foliar) foi utilizado o índice de intensidade de Fournier, estimando-se os percentuais de cada fenofase em intervalos de 25 %, aos quais foram atribuídos índices de 0 a 4 (BENCKE & MORELLATO 2002). Esses índices também foram aplicados neste trabalho para estimar o percentual total de folhas na copa das árvores, independentemente da fenofase em que se encontravam.

Os índices de sincronia das fenofases brotamento e abscisão foliar foram calculados para cada indivíduo, estimado segundo as equações de Augspurger (1983). O índice de sincronia da população (Z) foi gerado a partir da soma de todos os valores de sincronia e divisão pelo número de indivíduos. Tanto os valores individuais quanto o valor de sincronia da população variam de 0 a 1, sendo que 1 equivale a sincronia total.

3.5 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o Software Statistic 7.0. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para testar a normalidade dos dados de todas as variáveis analisadas neste estudo (ZAR 1999). Em função da distribuição aleatória de todas as variáveis analisadas, foi aplicado o teste Spearman para as análises de correlação (ZAR 1996). Foram realizadas análises de correlação entre o número de células presentes na zona cambial, o percentual de folhas na copa, os índices de brotamento e abscisão foliar e as condições de precipitação, temperatura e fotoperíodo. Também foram calculados os índices de correlação entre o percentual de folhas e as mesmas variáveis ambientais. Em todas as correlações estabelecidas com as variáveis ambientais, os dados obtidos foram também confrontados aos dos primeiros e segundos meses imediatamente anteriores àqueles em que as coletas foram realizadas (FERRAZ et al. 1999).

3.6 Anéis de crescimento e Dendrocronologia

A descrição do padrão estrutural dos anéis de crescimento de *C. robustum* foi realizada a partir de lâminas de alburno confeccionadas para a análise da atividade cambial. As características foram comparadas com as observadas em lâminas de lenho da espécie, obtidas da Xiloteca do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. A descrição anatômica seguiu as recomendações do IAWA Committee (1989).

Para o estudo da dendrocronologia, foram retiradas de duas a cinco amostras de lenho de cada um dos indivíduos selecionados, à altura de 1,30 m do solo (Tabela 1). As amostras foram obtidas por método não-destrutivo, com o auxílio de sonda de Pressler (Figura 8A e B). As amostras foram fixadas em suportes de madeira, mantidas em temperatura ambiente até completa desidratação e, em seguida, foram polidas, na face transversal (STOLKES & SMILEY 1968), com lixas sucessivas de 36 a 600 grãos cm^{-2} (Figuras 7C e D). A demarcação do limite dos anéis de crescimento foi realizada sob microscópio estereoscópico Coleman XTB/3AT e cada amostra foi digitalizada em 600 dpi, utilizando scanner de mesa (HP Photosmart C4680). Por meio das imagens obtidas (Figura 7E), os anéis de crescimento foram mensurados com o auxílio do software de análise de imagens Image-Pro Plus 4.5. As séries de

medidas, por e entre indivíduos (datação-cruzada), foram correlacionadas utilizando o software Cofecha (HOLMES et al., 1983). A idade e as taxas de crescimento radial anual foram estabelecidas após confirmação dos limites dos anéis de crescimento por meio da datação-cruzada das amostras de cada árvore. A partir das mensurações dos anéis de crescimento demarcados no xilema secundário, calculou-se as taxas diamétricas de incremento acumulado (IA) e de incremento médio anual (IMA) para cada árvores selecionada, seguindo recomendações de Encinas et al. (2005).

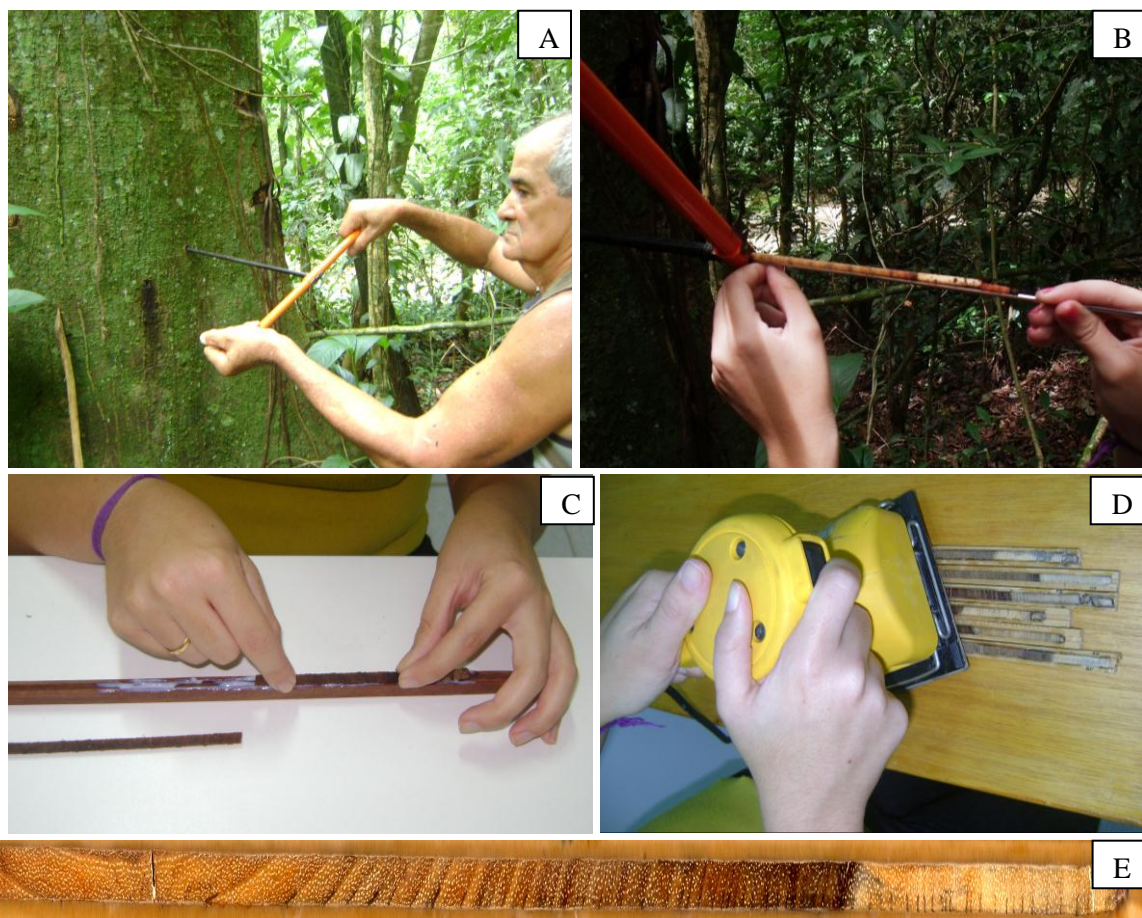


Figura 7 – Coleta e processamento das amostras obtidas com sonda de Pressler.

Legenda: (A e B) Coleta. (C) Fixação das amostras em suportes de madeira. (D) Polimento das amostras. (E) Amostra de *C. robustum* digitalizada.

Foto: A. Thaís Vasconcellos. B. Monique Costa. C-D. Kelly Santos.

4 RESULTADOS

4.1 Atividade cambial

A sazonalidade na atividade cambial foi constatada em todos os indivíduos de *Centrolobium robustum* analisados, por meio da constatação de variações no número de camadas celulares e no aspecto morfológico das células na zona cambial durante os períodos secos e chuvosos do ano (Figuras 8 e 9 e Tabela 3). As células dos tecidos condutores nas regiões adjacentes ao câmbio apresentaram diferenças estruturais, ressaltadas pelo uso de fluorocromos (Figuras 8 e 9). Características ultra-estruturais das células da zona cambial também se mostraram significativamente diferentes entre os períodos analisados (Figura 8 e 9). A partir das características da zona cambial e de seus tecidos adjacentes foi possível identificar em cada ano um período de dormência e um de atividade do câmbio.

Tabela 3 – Características anatômicas observadas em células da zona cambial, nas seções transversais, durante os três anos de estudo da atividade do câmbio. Número médio de camadas celulares, média do diâmetro celular e espessura das paredes celulares.

Características anatômicas	Seco Inverno	Úmido Primavera	Úmido Verão	Seco Outono
Camadas celulares (n^o)	4,54(±0,87)	6,11(±1,15)	6,03(±0,73)	4,92(±1,14)
Diâmetro celular (µm)	7,18(±0,58)	5,68(±0,55)	5,09(±0,71)	6,83(±0,89)
Paredes Periclinais (µm)	1,09(±0,10)	0,90(±0,05)	0,82(±0,07)	1,00 (±0,07)
Paredes Anticlinais (µm)	1,24(±0,05)	1,02(±0,07)	0,96(±0,03)	1,19(±0,03)

No período de dormência, observado nas coletas realizadas nos períodos mais secos do ano, as células da zona cambial, em seção transversal sob microscopia ótica de campo claro, apresentavam-se em menor número, com maior diâmetro e paredes tangenciais e radiais espessadas (Tabela 3; Figuras 8A-B). Além disso, as células de xilema e floema secundários adjacentes à zona cambial encontravam-se diferenciadas. Os elementos de vaso, as fibras e os parênquimas axial e radial do xilema secundário apresentavam paredes completamente lignificadas, como é possível observar pela marcação com Auramina O (Figura 8E). Nesse período foi constatada a formação do lenho tardio, evidenciada, principalmente, pela maior frequência de fibras e de elementos de vaso de menor diâmetro, caracterizando uma distinta zona fibrosa (Figura 8C). No floema justaposto à zona cambial foi possível observar a maior frequência de tampões de calose nos elementos de tubo crivado (Figura 8D e 8F). Sob

microscopia eletrônica de transmissão, inúmeros vacúolos de tamanho pequeno (Figura 8G) e núcleo em interfase (Figura 8H) foram observados nas células da zona cambial.

Nos períodos de atividade do câmbio, representados pelas amostras obtidas na primavera e no verão, durante a estação chuvosa, constatou-se maior número de células na zona cambial, quando comparado aos períodos de dormência (Tabela 3 e Figuras 9A-B). Durante esses períodos, as células da zona cambial apresentavam evidências de divisões celulares e a pectina presente na lamela média entre essas células apresentava distribuição irregular (Figura 9F). As células da zona cambial apresentavam-se significativamente mais estreitas e com paredes periclinais e anticlinais mais delgadas (Tabela 3 e Figura 9A e 9E). As paredes periclinais apresentavam-se, em muitos trechos, mais delgadas do que as paredes anticlinais (Figura 9D). O fluorocromo Auramina O permitiu evidenciar um gradiente de lignificação das paredes das células do xilema secundário adjacentes à zona cambial (Figura 9C). Nesse período, não foi observada deposição de calose nos elementos de tubo crivado próximos à zona cambial e a lamela média presente entre as células da zona cambial apresentava distribuição homogênea de pectina. Além disso, foi possível observar, no período de atividade, a formação do lenho inicial, composto principalmente por uma camada estreita de parênquima, constituída por 2-3 células de largura, além de fibras pouco espessadas e elementos de vaso de grande diâmetro.

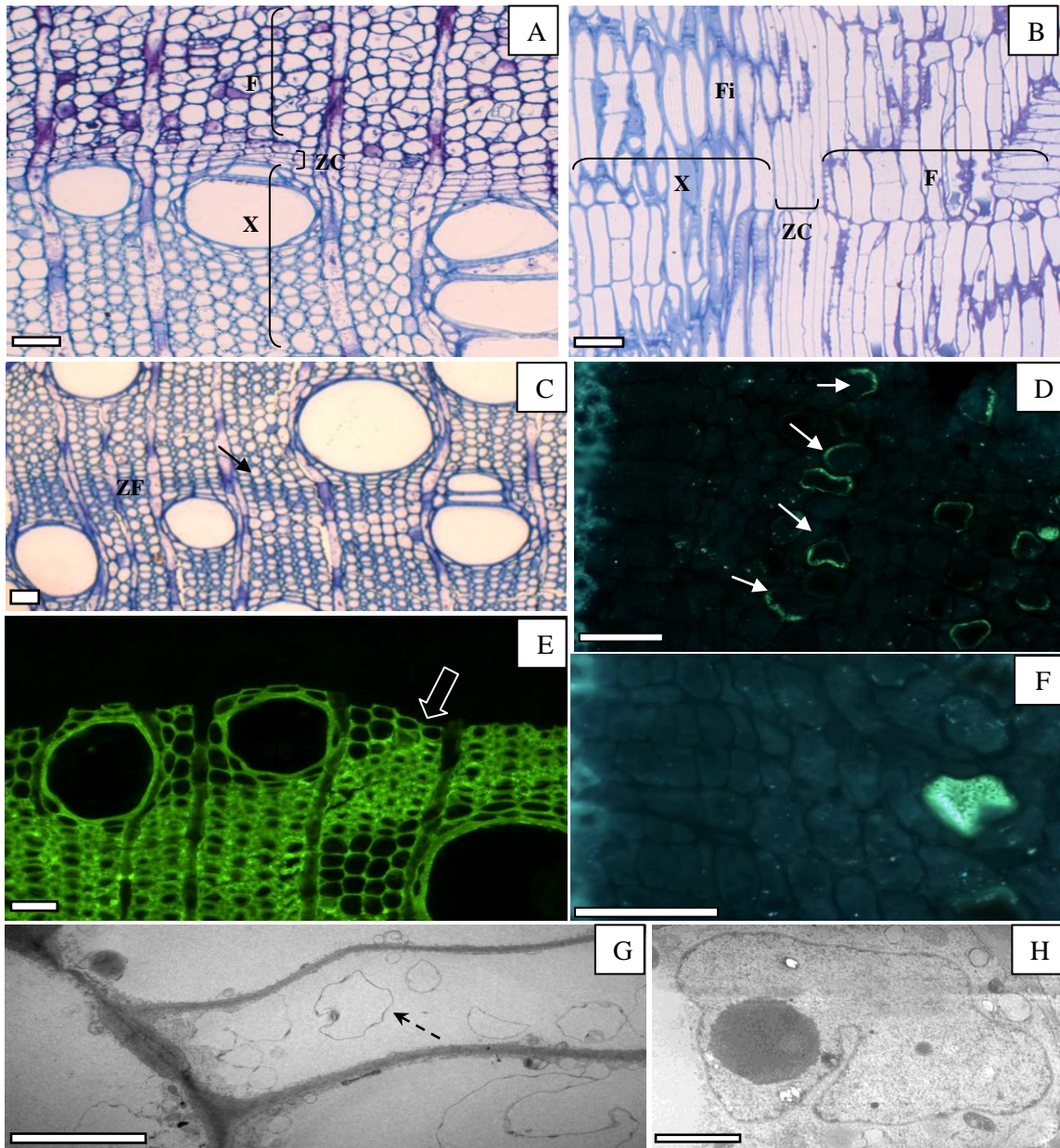


Figura 8 – *Centrolobium robustum* durante o período de dormência cambial.

Legenda: (A-B) Seções transversal e longitudinal radial à zona cambial (ZC), respectivamente, e tecidos adjacentes recém-formados: xilema (X) e floema (F). Observa-se em B a faixa de fibras (Fi) formadas no final da estação de crescimento. (C) Seção transversal do lenho de *C. robustum*, evidenciando o limite da camada de crescimento. Zona fibrosa (ZF) e a faixa de parênquima inicial (seta preta). (D-F). Seção transversal ao floema, com marcação por Azul de Anilina. D. Nota-se a presença de calose nas placas crivadas dos elementos de tubo crivado próximos à zona cambial (setas brancas). (E) Seção transversal de xilema secundário junto à faixa cambial, marcado por Auramina O. Seta aberta indica a completa lignificação das paredes celulares do xilema neste período. (F) Detalhe de uma placa crivada com deposição de calose. (G) Seção transversal de uma célula inicial fusiforme contendo a formação de inúmeros vacúolos (seta tracejada), observada sob microscopia eletrônica de transmissão. (H) Núcleo em interfase encontrado em uma célula inicial fusiforme observada sob microscopia eletrônica de transmissão.

Nota: A-F. Barra = 50 μ m. G. Barra = 2 μ m. H. Barra = 500 nm.

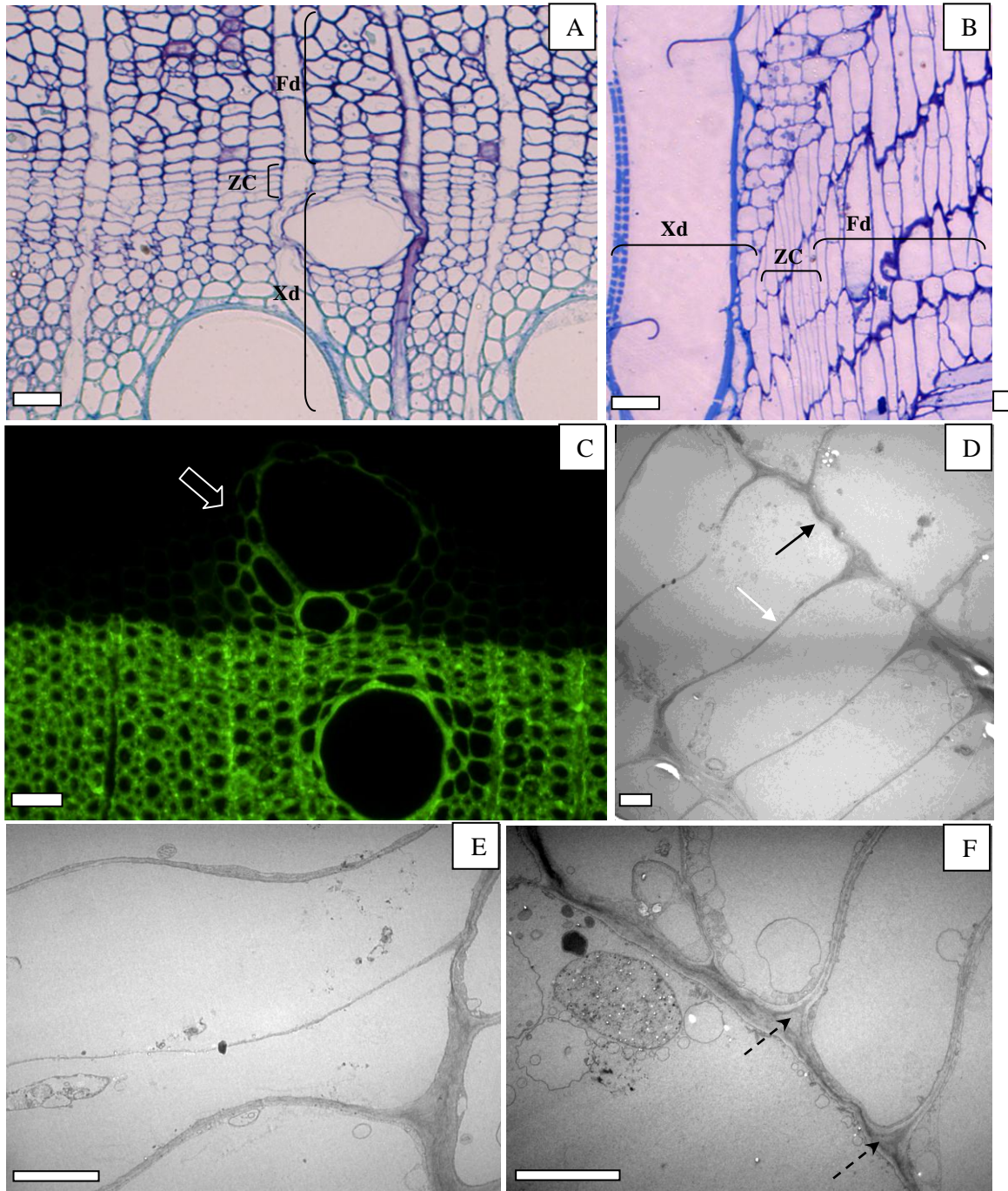


Figura 9 – *Centrolobium robustum* durante o período de atividade cambial.

Legenda: (A-B) Seções transversal e longitudinal radial da zona cambial (ZC), respectivamente, e tecidos adjacentes em diferenciação: xilema (Xd) e floema (Fd). (C) Seção transversal ao xilema secundário junto à zona cambial, marcado por Auramina O. Seta aberta indica células em processo de lignificação das paredes celulares. (D) Seção transversal de células iniciais fusiformes que compõem a zona cambial apresentando paredes periclinais (seta branca) mais delgadas do que as anticlinais (seta preta). (E) Seção transversal de duas células iniciais fusiformes com parede periclinal recém-formada. (F) Seção transversal da zona cambial evidenciando a lamela média presente entre células iniciais cambiais com distribuição irregular de pectina (setas tracejadas).

Nota: A-C. Barra = 50 μm . D. Barra = 8 μm . E. Barra = 1 μm . F. Barra = 2 μm .

Em todas as estações do ano coletadas, observou-se, sob microscopia eletrônica de transmissão e com a marcação por permanganato de potássio, a presença de gotículas lipídicas em células que compunham a zona cambial (Figura 10C). A presença de grãos de amido também foi constatada nos períodos de atividade e dormência do câmbio, em células da zona cambial e de tecidos adjacentes recém-formados (Figuras 10A, B, D e E). Nos períodos de atividade do meristema observou-se grãos de amido do tipo agrupado (Figuras 10A e D) enquanto que no período de dormência, esses eram do tipo simples (Figuras 10B e E). Séries cristalíferas também foram encontradas em células do xilema e do floema próximas à zona cambial, tanto no período de dormência quanto no de atividade (Figura 11).

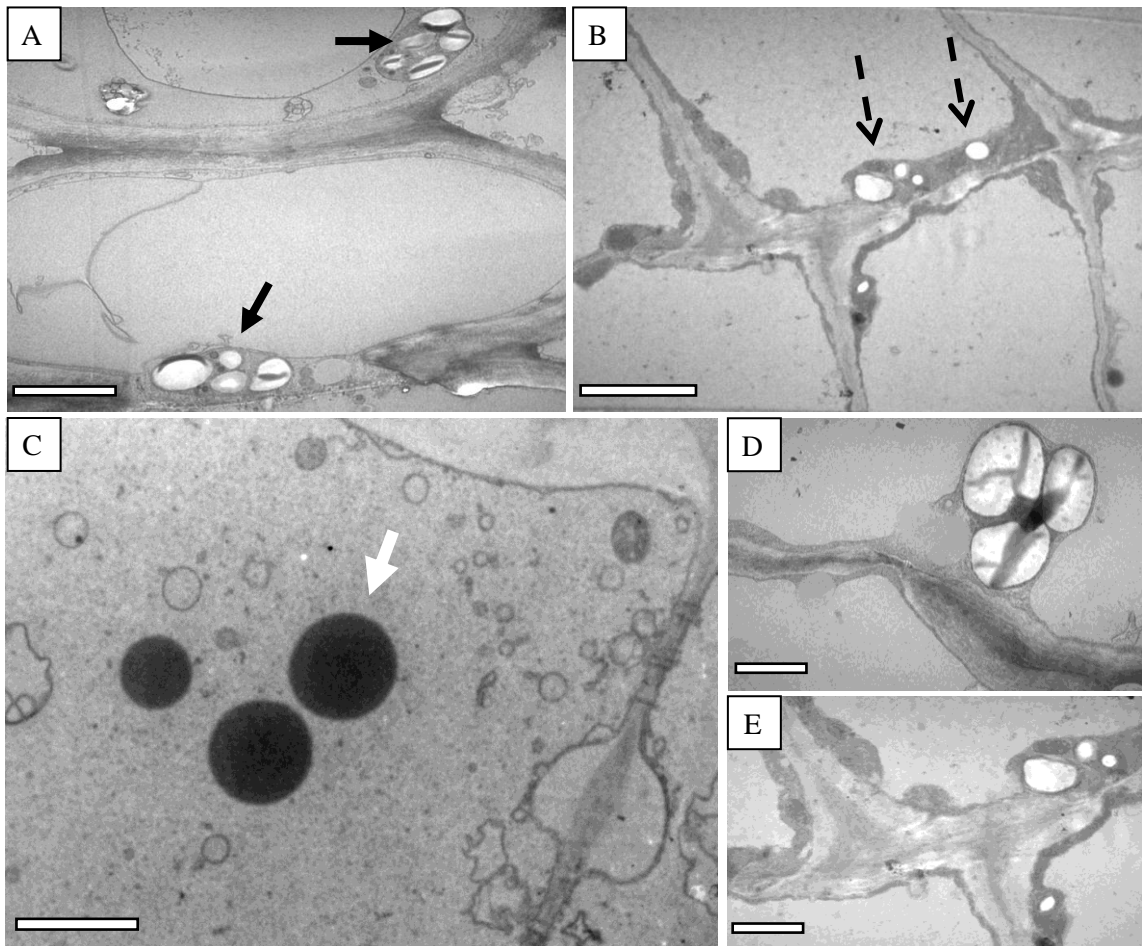


Figura 10 – Seções transversais de *Centrolobium robustum* observadas em microscopia eletrônica de transmissão.

Legenda: (A) Grãos de amido do tipo agrupado (setas fechadas) em células de xilema em diferenciação, no período de atividade do câmbio. (B) Grãos de amido do tipo simples (setas tracejadas) em células da faixa cambial, no período de dormência. (C) Gotículas de lipídeos (seta branca) em uma inicial radial. (D-E) Detalhe dos grãos de amido nos períodos de atividade e dormência, respectivamente.

Nota: A-C. Barra = 1 µm. D-E. Barra = 500 nm.

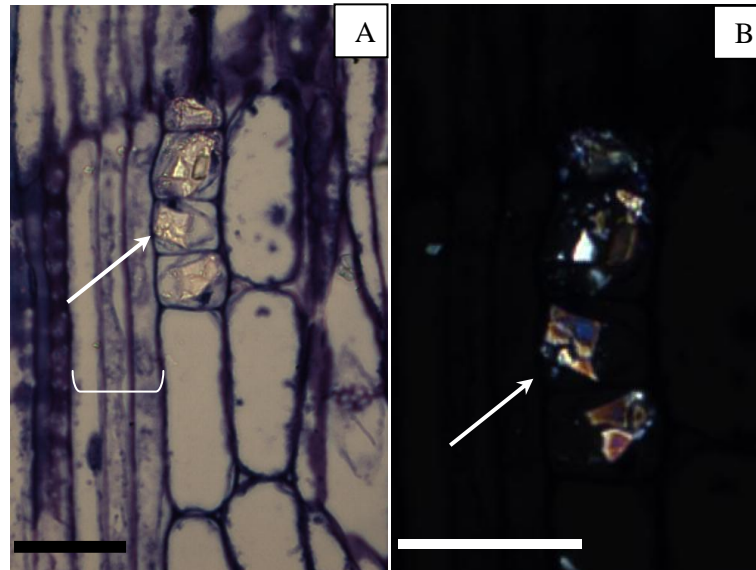


Figura 11 – Seções longitudinais radiais da faixa cambial junto ao floema secundário recém-formado. Setas indicam cristais prismáticos próximos à zona cambial (colchete).
 Legenda: (A) Sob microscopia de campo claro. (B) Sob microscopia de polarização.
 Nota: Barras = 50 μm .

4.2 Comportamento fenológico

Os dez indivíduos estudados apresentaram comportamento fenológico semidecíduo. O período de queda foliar ocorreu de julho a setembro (Figura 12), e apresentou alta sincronia entre os indivíduos nos três anos de observação da fenologia (Tabela 4).

O brotamento foliar ocorreu durante a primavera nos três anos de estudo da fenologia. Essa fenofase ocorreu em outubro no ano 1 de observação (Tabela 4, Figura 12). No ano 2, alguns indivíduos começaram a brotar em outubro (5 árvores) e todos apresentavam-se nessa fenofase em novembro (10 árvores) (Tabela 4, Figura 12). No ano 3, o brotamento ocorreu em setembro em alguns indivíduos e em outubro para outros (Tabela 4, Figura 12).

A senescência foliar, observada sempre no final das estações de crescimento, ocorreu em maio e junho, dos anos 1 e 2 de estudo, respectivamente. No ano 3 de investigação, a senescência foliar iniciou-se em março na maioria das árvores. Entretanto, em duas dessas árvores observou-se queda foliar acentuada e rápido brotamento subsequente, enquanto nas outras, o período de senescência prolongou-se até o último mês de observação, em junho.

O período de floração ocorreu entre novembro e janeiro e o desenvolvimento de frutos foi observado entre janeiro e agosto (Figura 12).

Tabela 4 – Porcentagem de sincronia, no período de estudo, entre os indivíduos analisados de *Centrolobium robustum* nas fenofases queda foliar e brotamento, nos anos em que esses eventos fenológicos foram observados.

Índices de Sincronia		
Ano/Fenofase	Queda foliar	Brotamento
2004/2005	95%	100%
2005/2006	82%	86%
2009/2010	86%	81%

4.3 Variáveis ambientais

A precipitação total média para todo o período de estudo foi de 1.345 mm por ano e a temperatura mensal média foi de 24,4 °C, sendo o ano 2009-2010 o mais chuvoso (1.943,2 mm) e o 2005-2006 o mais quente (25,2 °C) (Figura 12). Os meses mais quentes foram janeiro, fevereiro e março (média das máximas de 32 °C) e os mais frios, junho e julho (média das mínimas de 15,7 °C). A variação do fotoperíodo foi semelhante nos quatro anos de monitoramento (Figura 12). O comprimento do dia apresentou uma diferença anual de 2:47 h entre os dias mais longos (13:31 h no mês de dezembro) e os mais curtos (10:44 h em junho de 2004 e 2011 e 10:45 h em junho de 2005 e 2010 - Figura 10).

4.4 Correlações entre atividade cambial, fenologia e/ou variáveis ambientais

A atividade cambial de *C. robustum* apresentou correlações significativas com o comportamento fenológico e com os valores de temperatura, precipitação e fotoperíodo (Tabela 5). Os maiores números em camadas celulares na zona cambial foram observados quando as árvores apresentavam alto percentual de folhas adultas na copa, enquanto que nos períodos de dormência cambial, as árvores apresentavam folhas senescentes e/ou queda foliar (Figura 12). Além disso, os períodos de dormência foram observados em meses secos, frios e de dias mais curtos, enquanto que, os períodos de atividade coincidiram com meses mais quentes, chuvosos e que apresentavam maior duração dos dias (Figura 12).

As análises de correlação entre a atividade cambial e a fenologia vegetativa e as variáveis ambientais, nos meses de realização das coletas, apresentaram correlações de índice elevado e estatisticamente significativas, exceto para o brotamento foliar, que apresentou índice negativo e não significativo com a atividade cambial (Tabela 5). Quando observados os meses anteriores às coletas de câmbio, verificou-se que os dados de precipitação, temperatura mínima e fotoperíodo mantiveram correlações positivas com o número de camadas celulares presentes na zona cambial até dois meses precedentes às coletas (Tabela 5). Ou seja, dias secos, frios e com baixa duração dos dias precederam os períodos de dormência cambial, sendo o contrário observado antes dos períodos de atividade do câmbio.

Tabela 5 – Análise de correlação de Spearman (R) entre o número de camadas celulares na zona cambial de *Centrolobium robustum* e a fenologia vegetativa e as variáveis ambientais analisadas

	Atividade cambial					
	Mês de coleta		Um mês antes		Dois meses antes	
	R	P	R	P	R	P
Precipitação	0,4816	0,0001*	0,3483	0,0048*	0,2996	0,0162*
Temperatura máxima	0,5296	0,0000*	0,2285	0,0693	0,2469	0,0492*
Temperatura média	0,5452	0,0000*	0,2335	0,0633	0,2199	0,0808
Temperatura mínima	0,5419	0,0000*	0,4363	0,0003*	0,2566	0,0407*
Fotoperíodo	0,4841	0,0001*	0,4876	0,0000*	0,2968	0,0172*
% de folhas na copa	0,3232	0,0207*	-	-	-	-
Brotamento foliar	-0,1735	0,2235				
Abscisão foliar	-0,2882	0,0403*				

Nota¹: Dados aferidos no mês da coleta das amostras da zona cambial e no primeiro e segundo meses imediatamente anteriores a cada uma dessas coletas

Nota²: * $p < 0,05$.

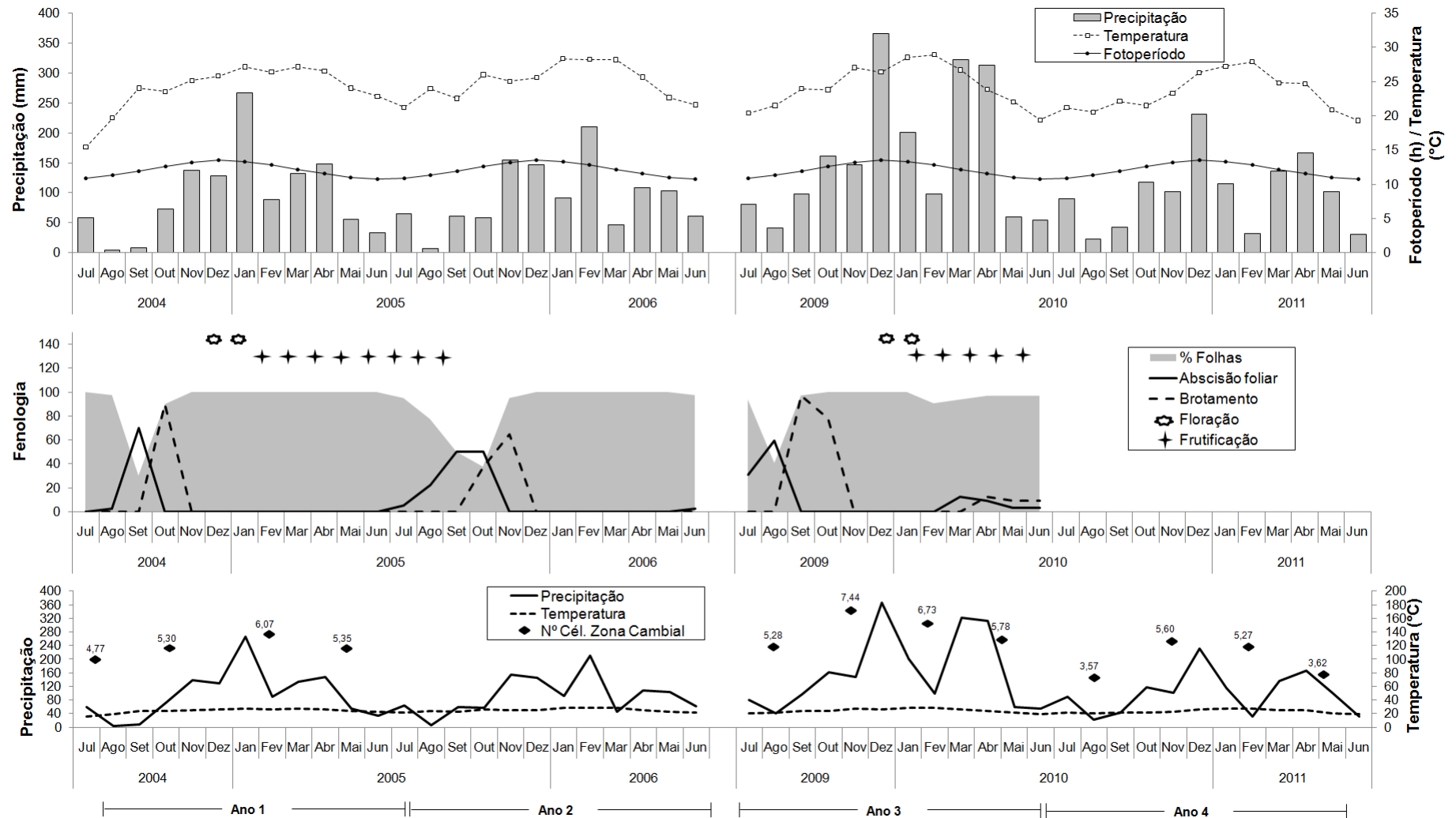


Figura 12 – Crescimento radial e comportamento fenológico de *Centrolobium robustum* e dados ambientais do sítio de estudo

Legenda: (A) Valores de temperatura média, precipitação e fotoperíodo. (B) Comportamento fenológico de *Centrolobium robustum*. (C) Atividade cambial (número médio de camadas celulares na zona cambial) e diagrama climático.

Índices de correlação significativos também foram observados entre o percentual total de folhas presente na copa das árvores e a sazonalidade dos fatores ambientais (Tabela 6). Os períodos de maior percentual de folhas na copa das árvores coincidiram com meses mais quentes e chuvosos e de dias mais longos, enquanto a senescência e a queda foliar ocorreram em períodos mais frios e secos e de dias mais curtos (Figura 12). Os fatores ambientais que apresentaram os maiores valores de correlação com o percentual total de folhas na copa foram a precipitação e a temperatura mínima no mês da coleta (Tabela 6), contudo, apenas as taxas de temperatura máxima, média e mínima mostraram-se significativamente correlacionadas ao número de camadas celulares da zona cambial em todos os meses analisados (Tabela 6).

Tabela 6 – Análise de correlação de Spearman (R) entre o percentual de folhas na copa das árvores de *Centrolobium robustum* e as variáveis ambientais analisadas.

	Percentual de folhas					
	Mês de coleta		Um mês antes		Dois meses antes	
	R	<i>p</i>	R	<i>P</i>	R	<i>p</i>
Precipitação	0,4034	0,0147*	0,4317	0,0086*	0,2579	0,1289
Temperatura máxima	0,3513	0,0356*	0,3716	0,0256*	0,3692	0,0267*
Temperatura média	0,3701	0,0263*	0,4085	0,0134*	0,4309	0,0087*
Temperatura mínima	0,4311	0,0087*	0,4998	0,0019*	0,5162	0,0013*
Fotoperíodo	0,2869	0,0898	0,4701	0,0038*	0,5249	0,0010*

Nota¹: Dados aferidos no mês de observação fenológica e no primeiro e segundo meses imediatamente anteriores a cada uma dessas coletas de dados.

Nota²: * $p < 0,05$.

4.5 Dendrocronologia

Os anéis de crescimento de *C. robustum* apresentam-se bem distintos e demarcados por faixa de parênquima inicial (3-4 camadas celulares de largura) e por maior espessamento e achatamento radial das paredes das fibras no lenho tardio (Figura 13). Elementos de vaso de diâmetro reduzido ($48,8\mu\text{m} \pm 14,3$) também foram identificados no limite do anel de crescimento (Figura 13).

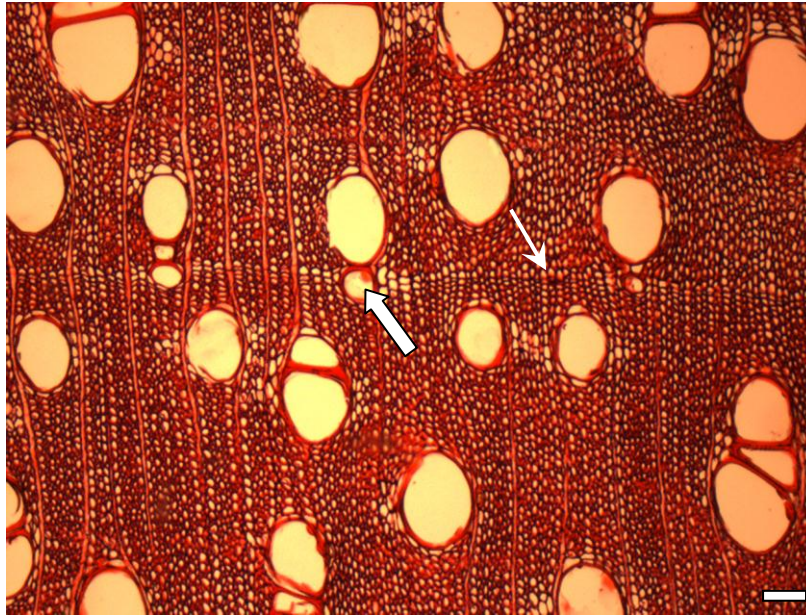


Figura 13 – Seção transversal do xilema secundário, evidenciando o limite da camada de crescimento anual, demarcado por elementos de vaso de pequeno diâmetro (seta aberta) e faixa de parênquima inicial (seta estreita).

Nota: Barra = 100 μ m.

O padrão de crescimento descrito a partir das taxas de incremento, assim como o número de anéis demarcados, variou entre as doze árvores analisadas (Tabela 7). A partir das amostras obtidas, o indivíduo 6 foi determinado como o mais velho dentre as árvores selecionadas, apresentando no mínimo 121 anos. Esta árvore também apresentou a maior taxa de incremento acumulado (Tabela 7). Contudo, árvores determinadas como as mais jovens dentre as analisadas, apresentaram diâmetro do caule e taxas de incremento acumulado maiores do que árvores estimadas como mais velhas. Esse resultado foi corroborado pelas análises estatísticas, onde não foi encontrada correlação significativa entre a idade estimada e as taxas de incremento acumulado ($R = 0.366$; $p = 0.242$) e o diâmetro do caule ($R = 0.300$; $p = 0.343$). Por outro lado, constatou-se correlação significativa negativa entre o número de anéis demarcados e o incremento médio anual diamétrico ($R = - 0.620$; $p = 0.032$).

A idade mínima observada foi de 62 anos e a taxa de incremento médio em diâmetro do conjunto de indivíduos foi de 5,13 ($\pm 0,039$) milímetros/ano.

Tabela 7 – Análise dendrocronológica dos indivíduos selecionados (Ver Tabela 1).

Indivíduos	Anéis mensurados (idade estimada)	Incremento em diâmetro (mm)		Incremento médio anual radial (mm)	Diâmetro do caule (cm)
		IA	IMA		
3	62	349,12	5,63	2,82	46
4	68	352,18	5,18	2,59	56
5	62	403,25	6,40	3,20	54
6	121	564,34	4,66	2,33	71
7	103	486,66	4,72	2,36	73
8	86	356,87	4,15	2,07	54
9	71	310,46	4,37	2,19	76
10	62	403,57	6,51	3,25	64
11	78	337,82	4,28	2,14	44
12	74	343,23	4,64	2,32	41
13	70	396,62	5,67	2,83	45
14	87	466,39	5,36	2,68	64

Nota: Anéis de crescimento mensurados, incrementos anuais diamétricos: acumulado (IA) e médio (IMA), incremento médio anual radial e diâmetro do caule.

As trajetórias de crescimento mostraram-se semelhantes entre os indivíduos avaliados, contudo sem relação com a idade estimada (Figura 14). A maioria dos indivíduos apresentou um crescimento exponencial tendendo à estabilização, com exceção dos indivíduos 5 e 13, que não apresentaram redução das taxas de incremento e tendência à estabilização nos últimos anos de crescimento. Os indivíduos 3 e 10 destacaram-se do conjunto, por apresentarem rápido crescimento inicial, atingindo 206 milímetros à idade estimada de 23 anos. Foram observados ainda nas trajetórias de crescimento, eventos de supressão e liberação em diferentes classes etárias ao longo da vida das árvores, como no indivíduo 5, aos 31 anos, e no indivíduo 8, entre os 23 e 46 anos estimados (Figura 14).

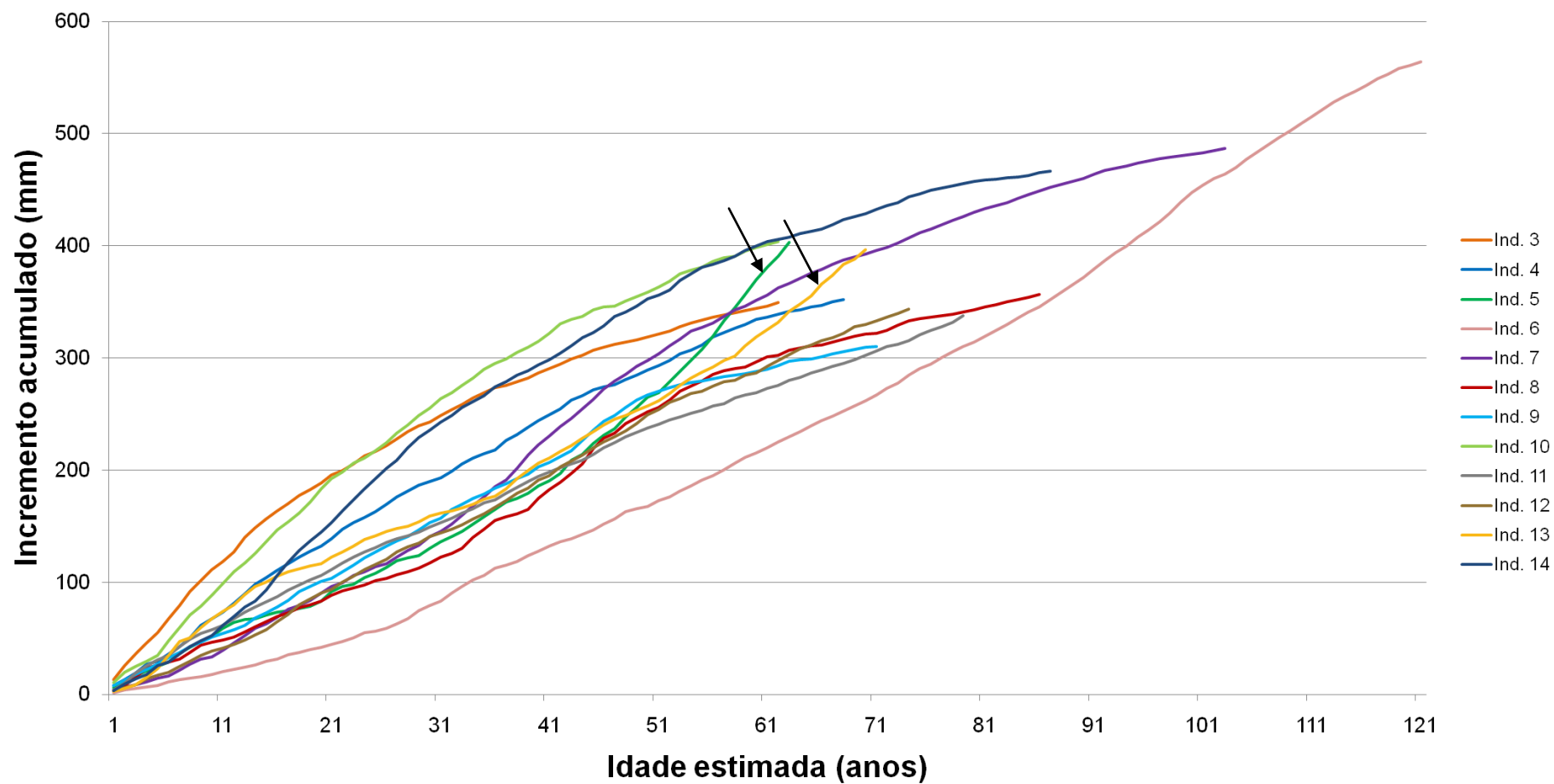


Figura 14 - Incremento acumulado, por ano, das árvores selecionadas para estudo da Dendrocronologia.

Nota: Setas indicam os indivíduos 5 e 13, que não apresentaram redução nas taxas de crescimento nos últimos anos analisados.

5 DISCUSSÃO

Os resultados evidenciaram uma periodicidade anual para o crescimento radial de *C. robustum*, crescendo sob clima tropical, na Floresta Atlântica do estado do Rio de Janeiro. Diversos autores descreveram a sazonalidade do câmbio baseados em características estruturais semelhantes às observadas neste trabalho (FARRAR & EVERT 1997; LACHAUD et al. 1999; FRANKENSTEIN et al. 2005; MARCATI et al 2006, 2008; VENUGOPAL & LIANGKUWANG 2007; YÁNEZ-ESPINOSA et al. 2010; CHEN et al. 2010; COSTA 2011). A presença de paredes periclinais mais delgadas que as anticlinais no período de atividade confirma o que outros autores descreveram a respeito do incremento radial, de que as células iniciais cambiais dividem-se mais periclinalmente do que anticlinalmente (SCHRADER 2004a, 2004b, KALBERG 2011). A lignificação gradual das paredes das células do xilema secundário adjacentes à zona cambial e a distribuição heterogênea de pectina na lamela média das células da zona cambial foram observadas no período chuvoso, classificado como de maior atividade cambial.

O período em que o câmbio encontrava-se inativo, na estação seca, coincidiu com o período de senescência e abscisão foliar. Resultado semelhante foi relatado por Rao & Rajput (2001) para *Azadirachta indica* A. Juss. crescendo em diferentes florestas de Gujarat, na Índia. Savidge (2000) destaca que a atividade cambial não representa uma prioridade no metabolismo da planta em termos do conceito de fonte-dreno. Assim, durante diminuição das taxas fotossintéticas, no período de senescência e abscisão foliar, as árvores possivelmente não investem no crescimento radial, e sim na manutenção de seu metabolismo básico. Essa relação pode ser estimada, uma vez que em *C. robustum*, a fenofase abscisão foliar apresentou índices negativos de correlação com o número de células na zona cambial. Em contrapartida, no período em que as árvores apresentaram o maior percentual de folhas desenvolvidas na copa foi verificada uma elevada atividade do câmbio. Estudos de atividade cambial realizados com outras duas espécies de Leguminosae, em ambientes áridos e semi-áridos em região subtropical da América do Sul, constataram resultados semelhantes aos observados em *C. robustum* se desenvolvendo na Floresta Atlântica, no Brasil, apesar da grande diferença entre os ambientes (Aljaro et al. 1972; Giantomasi et al. 2012). Aljaro et al. (1972) relatou que arbustos de *Acacia caven* (Molina) Molina apresentam a maior atividade cambial em períodos que as árvores apresentavam suas copas completamente preenchidas por folhas jovens e adulta, em árvores crescendo na região semiárida do centro do Chile. Giantomasi et al. (2012)

estudando a atividade cambial, por métodos indiretos, também encontraram relação entre a formação e expansão das folhas e o início de formação do lenho em *Prosopis flexuosa* DC desenvolvendo em uma região árida no centro-oeste da Argentina. Estudos desenvolvidos em ambientes tropicais e sub-tropicais corroboram a relação entre a fenologia vegetativa e a atividade cambial (Por exemplo: DAVE & RAO 1982; BORCHERT 1999; RAO & RAJPUT 1999; SCHÖNGART et al. 2002; MARCATI et al. 2006, 2008; VENUGOPAL & LIANGKUWANG 2007; YÁNEZ-ESPINOSA et al. 2010; COSTA 2011).

Os fatores mais importantes para a atividade cambial são: luz, temperatura apropriada para um alto nível de síntese metabólica, suprimento adequado de carboidratos, de substâncias nitrogenadas e de minerais e água suficiente para manter as células em condições de turgescência (KOZLOWSKI & PALLARDY 1997; SCHWEINGRUBER 2007). Somam-se a esses requisitos o comportamento fenológico das espécies (BORCHERT 1999; LARCHER 2000), visto que apresenta relação direta com a produção de fotoassimilados e a competição por recursos nutritivos e hídricos (SAVIDGE 2000). Aloni (2010) explica a elevação da atividade do câmbio em períodos subsequentes ao brotamento em função do possível aporte de auxina produzido pelos brotos em formação. Contudo, para a continuidade da atividade cambial é preciso que a árvore disponha de folhas adultas e fotossinteticamente ativas (Savidge 2000). Em *C. robustum*, quando a coleta da primavera ocorreu no mês em que todas as árvores estavam na fenofase brotamento, ano 1 de observação, foi observado um número inferior de camadas celulares na zona cambial quando comparado às coletas da primavera nos outros dois anos de estudo do câmbio. Essas últimas coletas foram realizadas em meses que as árvores já apresentavam folhas completamente expandidas. O alto percentual de folhas fotossinteticamente ativas eleva a produtividade primária (KOZLOWSKI & PALLARDY 1997), podendo explicar assim o aumento da atividade cambial no período em que as árvores apresentavam alta porcentagem de folhas jovens e adultas. Costa (2011) encontrou resultados semelhantes para *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) se desenvolvendo na mesma área de estudo deste trabalho. A autora relatou que a atividade cambial mais intensa foi observada após o brotamento, quando as árvores apresentavam folhas recém-expandidas, como observado em *C. robustum* neste trabalho.

Em *C. robustum*, a presença de tampões da calose nas células do floema próximas à zona cambial no período de dormência pode ser atribuída ao baixo percentual de folhas nas árvores nessa época. Aloni (2007) associa a produção de calose de dormência à predominância de citocinina em relação aos níveis de auxina, que são mais baixos em decorrência da abscisão foliar. A calose de dormência é removida no início da retomada do

crescimento, após a produção de etileno em resposta aos altos níveis de auxina produzida pelos brotos (ALONI 2007).

Marcati & Angyalossy (2005), estudando *Citharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae), associaram a presença de cristais ao período de dormência cambial. O acúmulo e a degradação desses cristais variam de acordo com a atividade cambial e que podem representar uma fonte de pectato de cálcio para a formação de paredes em novas células (MARCATI & ANGYALOSSY 2005; VENUGOPAL & LIANGKUWANG 2007). Em *Centrolobium robustum*, contudo, não foi observada uma influência sazonal na presença desses cristais.

Entre os fatores ambientais que influenciam a atividade do câmbio, Kozłowski & Pallardy (1997) relatam que a temperatura é considerada um fator de importância primordial para reativação do meristema, principalmente crescendo sob clima temperado. Worbes (1995), contudo, destaca que nas regiões tropicais os períodos de déficit hídrico são os principais indutores da redução/dormência cambial. A influência do fotoperíodo na dinâmica de crescimento de espécies arbóreas foi comprovada por Borchert & Rivera (2001) ao constatar a influência deste fator ambiental sob a fenologia e, conseqüentemente, do câmbio (Borchert 1999) em espécies se desenvolvendo em ambiente tropical. A dormência cambial de *C. robustum* coincidiu com as menores índices de temperatura, precipitação e fotoperíodo, enquanto que o incremento da atividade cambial acompanhou o aumento dessas taxas, confirmando a relação entre esses fatores citados e o crescimento periódico desta espécie. Marcati *et al.* (2008) também estudando a atividade cambial de uma espécie de Leguminosae, *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, encontraram relação entre a atividade do câmbio e os índices de precipitação e água no solo. Nesse estudo, as autoras observaram que a atividade cambial em *S. parahyba* foi reduzida a níveis mínimos durante a estação seca, enquanto a maior atividade cambial ocorreu na estação chuvosa.

Um comportamento fenológico bem demarcado pode refletir a maneira como a qual as plantas reagem aos períodos favoráveis e desfavoráveis ao seu crescimento (LIPSCHITZ & LEV-YADUN 1986). Neste estudo, a relação entre a fenologia de *C. robustum* e as variáveis ambientais foi confirmada, indicando o período mais seco, frio e de dias mais curtos do ano como desfavorável ao crescimento da espécie na região investigada. Neste período, todas as árvores monitoradas perderam suas folhas. Por outro lado, a elevação dos índices dessas variáveis caracteriza o período favorável ao crescimento das árvores da espécie estudada que retomaram a formação e o desenvolvimento de suas folhas sob tais condições. Estes resultados também podem ser evidenciados pela análise dos índices de sincronia das fenofases

vegetativas entre as árvores monitoradas, com respostas de sincrônicas a altamente sincrônicas (superiores a 60%) diretamente relacionadas às flutuações das variáveis ambientais estudadas. O comportamento fenológico sazonal associado ao padrão climático e ao fotoperíodo, observado em *C. robustum*, também foi encontrado em *Centrolobium tomentosum* Guillemín ex Benth. crescendo em Floresta Estacional Semidecidual no estado de São Paulo (AIDAR & JOLY 2003). Estudos desenvolvidos em ambiente tropical observaram que as fenofases brotamento e abscisão foliar de espécies se desenvolvendo em clima tropical estão associadas principalmente ao regime hídrico do ambiente e ao comprimento do dia (BORCHERT 1999; MORELLATO et al. 2000; BORCHERT & RIVERA 2001; BORCHERT et al. 2005; MARCATI 2006; BIANCHINI et al. 2006). Talora & Morellato (2000), estudando 46 espécies no Parque Estadual da Serra do Mar, não observaram correlação positiva significativa entre a emissão de novas folhas da maioria das espécies e os índices de precipitação, mas sim com as taxas de temperatura e fotoperíodo. No presente estudo, correlações positivas significativas foram observadas entre a fenologia vegetativa de *C. robustum* e a precipitação, a temperatura e o fotoperíodo. Todavia, os índices de correlação mais altos foram constatados para a temperatura mínima e o fotoperíodo dois meses antes das modificações observadas no câmbio.

A antecipação da senescência foliar em março e abril de 2010, quando nos outros anos ocorreu apenas em maio e junho, também pode ter sido influenciada pelas características climáticas do ano em questão. De julho de 2009 a julho de 2010, as taxas de precipitação foram elevadas e não foi observado um período de déficit hídrico. Contudo, a queda brusca nas taxas de precipitação em fevereiro entremeada de altos índices em dezembro, janeiro e março pode ter tido grande influência sobre a mudança observada no comportamento fenológico. Bencke (2005) descreve que em um clima pouco sazonal ou sob a ausência de uma estação seca pronunciada, espera-se que os eventos fenológicos não apresentem sazonalidade marcante num determinado período do ano. Borchert & Rivera (2001) também encontraram rápido brotamento em espécies decíduas e brevi-decíduas após um período anormal de fortes chuvas. Tais resultados corroboram o encontrado em *C. robustum*.

Poucos estudos com enfoque na anatomia e na dinâmica de crescimento de espécies do gênero *Centrolobium* Mart. ex Benth. foram realizados (TOMAZELLO-FILHO et al. 2004; BOTOSSO et al. 2005; LISI et al. 2008; LÓPEZ & VILLALBA 2010), sendo que nenhum foi desenvolvido até o momento com *Centrolobium robustum*. Tomazello-Filho et al. (2004) e Lisi et al. (2008) descreveram as características das camadas de crescimento de *Centrolobium tomentosum* Guillemín ex Benth. como distintas e demarcadas por espessamento radial das

fibras do lenho tardio e por parênquima marginal. López & Villalba (2010) mencionaram que os anéis de crescimento de *Centrolobium microchaete* (Mart. ex Benth.) H.C. Lima são demarcados por zona fibrosa no lenho tardio e por parênquima terminal. Neste estudo, confirmou-se a presença de camadas de crescimento distintas em *C. robustum*, demarcadas pelas mesmas características: zona fibrosa no lenho tardio e parênquima marginal. A partir do acompanhamento da formação periódica do lenho, observou-se que o parênquima marginal de *C. robustum* foi formado durante o período de atividade do câmbio e por isso, pode ser classificado como inicial. Constatou-se ainda, que no final da estação de crescimento são formados elementos de vaso de pequeno diâmetro, que se dispõem no limite do anel de crescimento. A formação de elementos de vaso de menor diâmetro no lenho tardio se dá em espécies com anel poroso ou semi-poroso (IAWA COMMITTEE 1989). Contudo, a distribuição dos elementos de vaso em *C. robustum* é difusa e a formação de elementos de vasos de menor calibre ao final da estação de crescimento pode representar uma resposta às condições desfavoráveis do período como: déficit hídrico, redução da temperatura e de horas diárias de luz e, conseqüente, redução da disponibilidade de fotoassimilados causada pela perda das folhas.

Árvores de *Cedrela odorata* L. se desenvolvendo no mesmo sítio de amostragem e com as mesmas características ecológicas que as árvores de *Centrolobium robustum* estudadas neste trabalho, apresentaram comportamento semelhante de crescimento no que se refere à atividade cambial (COSTA 2011). Tais características podem indicar um padrão para as espécies emergentes no sítio de estudo. Contudo, as pequenas variações no ambiente que influenciaram diretamente o comportamento fenológico dos indivíduos *Centrolobium robustum* e, conseqüentemente, a atividade cambial nos mesmos, como a antecipação da senescência foliar meses antes do final da estação de crescimento, não foram constatadas por Costa (2011) para *Cedrela odorata* L.. A variação da resposta entre as espécies pode representar um estreito ajuste entre o ritmo de crescimento e a sazonalidade do ambiente em *Centrolobium robustum*. Esse resultado está de acordo com o esperado para espécies de distribuição geográfica restrita como a estudada neste trabalho, ao contrário de *Cedrela odorata* que é uma espécie de ampla distribuição e altamente plástica em relação ao seu ritmo de crescimento fenológico e radial (COSTA 2011). Segundo Fahn (1962, 1995) e Callado et al. (2001), o ritmo cambial é um excelente indicador da origem geográfica das espécies.

A constatação do regime sazonal da atividade do câmbio em associação com o regime climático e ao comportamento fenológico da espécie permitiu determinar o caráter anual dos anéis de crescimento, e assim, confirmar o potencial dendrocronológico de *C. robustum*. Este

resultado permitiu ainda, estimar a idade dos indivíduos analisados e suas taxas de crescimento.

A contagem do número de anéis anuais de crescimento da medula ao córtex proporciona a idade da árvore na altura da amostra coletada, o que não necessariamente coincide com a idade total da árvore desde o momento de sua germinação (KITZBERGER et al. 2000). Os resultados obtidos a partir das amostras estudadas constituem aproximações, e possivelmente, as idades reais são mais avançadas que as relatadas neste trabalho. Entretanto, a existência de indivíduos vivos com mais de 120 anéis/anos representa o primeiro relato sobre a longevidade potencial do táxon.

Os estudos sobre estrutura de florestas são de modo geral realizados com a avaliação de sua distribuição diamétrica (PIRES-O'BRIEN & O'BRIEN 1995; SOKPON & BIAOU 2002). Todavia, em *C. robustum* não houve correlação significativa entre a idade estimada com base no número de anéis de crescimento e o diâmetro das árvores. Indivíduos de diâmetros muito próximos, com 71 e 76 cm de DAP, por exemplo, podem apresentar 50 anos de diferença de idade. Resultado semelhante foi observado por Callado & Guimarães (2010) para *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (Leguminosae: Caesalpinioideae), se desenvolvendo na mesma região fitogeográfica: Floresta Ombrófila Densa. Costa (2011) também descreveu que *Cedrela odorata* (Meliaceae) se desenvolvendo na Reserva Biológica do Tinguá não apresenta relação entre o diâmetro do caule e a idade estimada por meio dos anéis de crescimento. Dessa maneira, para três espécies estudadas na Floresta Atlântica, no estado do Rio de Janeiro, os estudos de demografia e estrutura etária populacional devem ser baseados na contagem dos anéis anuais de crescimento e as estimativas baseadas no diâmetro devem ser evitadas.

Em doze das quatorze árvores analisadas quanto à dendrocronologia, as taxas médias de crescimento anual nos últimos anos analisados foram consideradas baixas quando comparadas às taxas de crescimento no início da vida da árvore. Contudo, sem relação com o diâmetro do caule e a idade estimada. A constatação de correlação significativa negativa entre o número de anéis de crescimento demarcados e as taxas de incremento médio diamétrico é esperado para árvores de idade avançada. Encinas et al. (2005) relatam que a taxa específica de crescimento declina mais lentamente a medida que as árvores aumenta em idade. Espécies crescendo em florestas tropicais na América do Sul também apresentaram comportamento semelhante, relação negativa entre incremento anual e idade, como por exemplo: Bonisegna et al. (1989) e Costa (2011) no domínio da Floresta Atlântica e Brien & Zuidema (2003) na Floresta Amazônica Boliviana.

As taxas de crescimento encontradas em *C. robustum* em Tinguá foram mais elevadas do que as encontradas por Lopez & Villalba (2010) para árvores do mesmo gênero se desenvolvendo no Cerrado Boliviano. Esses autores relatam que árvores de *C. microchaete* (Mart. ex Benth.) H.C. Lima, com média de 70 anos, se desenvolvendo em Concepción e em Santa Mónica, na Bolívia, apresentaram incrementos médios de 1,80 e 2,98 mm/ano, respectivamente. No presente estudo, *C. robustum* apresentou incremento médio de 5,13 mm/ano. Esta variação entre incrementos médios pode ser em função da área de estudo, visto que as árvores de *C. robustum* foram investigadas na fitofisionomia Floresta Ombrófila Densa, enquanto *C. microchaete* (Mart. ex Benth.) H.C. Lima, em uma Floresta Sazonal Seca. Botosso et al. (2005) constataram com o auxílio de faixas dendrométricas, que a dinâmica de crescimento de *Centrolobium tomentosum* Guillemín ex Benth. é também influenciada pela presença de lianas. Os autores constaram, em 33 meses de avaliação, incrementos totais diamétricos inferiores em árvores que tinham sua copa invadida por lianas (média de 0,33 mm/mês), enquanto que árvores desprovidas de lianas apresentavam em média, incremento de 1,34 mm/mês.

Uma melhor compreensão de como as condições ambientais influenciam o crescimento das árvores é facilitada pelo estudo da atividade cambial ao longo das diferentes etapas do período de crescimento (GIANTOMASI et al. 2012). No presente estudo a periodicidade de formação da madeira em *C. robustum* foi analisada e confirmada sob perspectivas macroscópica, microscópica e ultraestrutural. Essa periodicidade foi correlacionada ao comportamento fenológico da espécie e ao ritmo climático da região de estudo, evidenciando que o período de crescimento radial, incluindo a formação do lenho e também do floema, corresponde à fase de formação e expansão das folhas e elevação das taxas de temperatura, precipitação e fotoperíodo. O período de crescimento em *C. robustum* é semelhante ao observado em outras duas espécies do mesmo grupo funcional, emergentes e com dispersão de propágulos anemocórica, se desenvolvendo na mesma área de estudo (CALLADO 2010; COSTA 2011). Contudo, as variações no comportamento fenológico em *C. robustum* influenciaram sua atividade cambial. Os resultados obtidos neste trabalho constituem avanços no conhecimento sobre a biologia de espécies arbóreas da Mata Atlântica e corroboram a afirmação de Callado *et al.* (2001) sobre a importância do estudo dos anéis de crescimento em espécies nativas da Floresta Atlântica, visto que a formação desses anéis é mais um componente da biodiversidade que deve ser levado em consideração nos programas de conservação e manejo das florestas tropicais.

6 CONCLUSÕES

- A sazonalidade da atividade cambial de *C. robustum* pode ser confirmada por características anatômicas e ultraestruturais da faixa cambial nas diferentes estações climáticas do ano.
- Os indivíduos selecionados apresentaram alta sincronia quanto as fenofases brotamento e queda foliar.
- A alternância entre períodos de atividade e dormência do câmbio, observada durante o estudo, permite caracterizar os anéis de crescimento da espécie como anuais.
- A espécie apresenta potencial dendrocronológico, visto que os anéis de crescimento anuais são bem demarcados e formados em função de uma atividade cambial sazonal, determinada pelo regime climático em associação à fenologia
- As variações no ambiente influenciam diretamente o comportamento fenológico dos indivíduos *C. robustum* e, conseqüentemente, a atividade do câmbio nos mesmos.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, M.P. & JOLY, C.A. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Fuill. ex Benth. Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.26, n.2, p.193-202, 2003.
- ALONI, R. Phytohormonal mechanisms that control wood quality formation in young and mature trees. K Entwistle, P Harris, J Walker (Ed.). In: **The Compromised Wood Workshop**. New Zealand The Wood Technology Research Centre, University of Canterbury, Christchurch, 2007. p.1-22
- ALONI, R. The induction of vascular tissue by auxin. PJ, Davies (Ed.) In: **Plant Hormones: biosynthesis, signal transduction, action!** 3ed. Boston: London Kluwer Academic Publishers, 2010. p. 485-506.
- ANTONOVA, G.F.; STASOVA, V.V. Effects of environmental factors on wood formation in larch (*Larix sibirica* Ldb.) stems. **Trees**, Berlin/Heidelberg, v.11, p. 462 – 468, 1997.
- APPOLINÁRIO, V.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. ;GUILHERME, F.A.G. Tree population dynamics in a Brazilian tropical semideciduous forest. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 347- 360, 2005.
- ÁRVORES DO BRASIL. Disponível em: <<http://www.arvores.brasil.nom.br>>. Acesso em 13 dez. 2011.
- AUGSPURGER, C.K. . Phenology, flowering synchrony and fruitset of six neotropical shrubs. **Biotropica**, Online ISSN: 1744-7429, v. 15, p. 257-267, 1983.
- BARROS, C. F. & MIGUENS, F. C. Ultrastructure of the epidermal cells of *Beilshmiedia rigida* (Mez) Kosterm. (Lauraceae). **Acta Microscopica**, Caracas, v. 6, n. 3, p. 451-461, 1998.
- BENCKE, C.S.C. **Estudo da fenologia de espécies arbóreas em uma floresta semidecídua no Parque estadual de Itapuã, Viamão, RS**. 2005. 58f. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.
- BENCKE, C.S.C. ; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002.
- BIANCHINI, E., PIMENTA, J.A., SANTOS, F.A.M. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. &Eichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta semidecídua Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, p. 595-602, 2006.
- BONINSEGNA, J. A; VILLAUBA, R; AMARRILA, L., OCAMPO, J. Studies on tree rings, growth rates and age-size relationships of tropical tree species in Misiones, Argentina. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 2, p.161-169, 1989.
- BORCHERT, R. Climatic periodicity, phenology, and cambium activity in tropical dry forest trees. **IAWA Journal**, Leiden, v. 20, n. 3, p. 239-247, 1999.

BORCHERT, R.; RIVERA, G. Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem succulent trees. **Tree Physiology**, v. 21, p. 213-221, 2001.

BORCHERT, R.; ROBERTSON, K, SCHWARTZ, M.D.; WILLIAMS-LINERA, G. Phenology of temperate trees in tropical climates. **International Journal of Biometeorology**, Ohio, v.50, n.1, p.57-65, 2004.

BORCHERT, R.; RENNER, S.S.; CALLE, Z.; NAVARRETE, D.; TYE, A.; GAUTIER, L.; SPICHIGER, R. & VON HILDEBRAND, P. Photoperiodic induction of synchronous flowering near the Equator. **Nature**, v. 433, p.627-629, 2005.

BORÉM, R.A.T.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Fitossociologia do estrato arbóreo em uma topossequência alterada de Mata Atlântica, no município de Silva Jardim-RJ, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.727-742, 2002.

BOTOSO, P.C.; MATTOS, P.P. **Conhecer a idade das árvores: importância e aplicação**. Série Documentos, 75. Colombo: Embrapa Florestas, 2002.

BOTOSO, P. C.; TOMAZELLO-FILHO, M.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L. Le lianes et l'accroissement de *Centropogon tomentosum* Guill. ex.-Benth. (Papilionoideae) au Brésil. **Bois et forêtss des Tropiques**, Paris, v. 284, n. 2, p.71-76, 2005.

BRANDES, A.F.N.; LISI, C.S.; BARROS, C.F. Dendrochronology of lianas of the Leguminosae family from the Atlantic Forest, Brazil. **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 25, p. 133-144, 2011.

BRIENEN R., ZUIDEMA P.A. Anillos de crecimiento de árboles maderables en Bolivia: su potencial para el manejo de bosques y una guía metodológica. **PROMAB. Informes Técnicos**, n 9. 40 pp, 2003.

BRIENEN, R.J.W.; ZUIDEMA, P.A. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. **Oecologia**, Berlin/Heidelberg, v. 146, p. 1-12, 2005.

BRIENEN, R.J.W.; ZUIDEMA, P.A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, Londres, v. 94, p. 481-493, 2006.

CALLADO, C. H. Os anéis de crescimento no estudo da dinâmica populacional na Floresta Atlântica. In Absy, M.L.; Matos, F.D. de A. & Amaral, I.L. do. **Diversidade Vegetal Brasileira: conhecimento, conservação e uso**. 1ed. Manaus: Sociedade Botânica do Brasil, v. 1, p. 227-231, 2010.

CALLADO, C.H.; GUIMARÃES, R.C. Estudo dos anéis de crescimento de *Schizolobium parahyba* (Leguminosae: Caesalpinioideae) após episódio de mortalidade em Ilha Grande, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 85-91, 2010.

CALLADO, C.H.; SILVA NETO, S.J.; SCARANO, F.R.; COSTA, C. G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 15, p. 492-497, 2001.

CALLADO, C.H.; SILVA NETO, S.J DA; SCARANO, F.R.; COSTA, C.G. Radial growth dynamics of *Tabebuia umbellata* (Sond.) Sandwith (Bignoniaceae), a flood-tolerant tree from the Atlantic Forest swamps in Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 25, n. 2, p. 175-183, 2004.

CAMARGO, R.A. **A Tribo Dalbergieae (Leguminosae-Faboideae) no Estado de Santa Catarina, Brasil**. 2005. 131f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CARMELLO-GUERREIRO, S.M.; APEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Capítulo 1. *In* APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M., (Ed). **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2006. p. 129-154.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003, v. 1, 1039 p.

CHEN, H-M; HAN, J-J; CUI, K-M; HE, X-Q. Modification of cambial cell wall architecture during cambium periodicity in *Populus tomentosa* Carr. **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 24, p. 533-540, 2010.

CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL. Disponível em: <<http://www.conservation.org.br/como/index.php?id=8>>. Acesso em 13 dez. 2011

CORADIN, V.T.R. **Formação de anéis de crescimento e sazonalidade da atividade cambial de dez espécies lenhosas do Cerrado**. 2000. 131f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, 2000.

COSTA, C.G.; CALLADO, C.H.; CORADIN, V.T.R.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. Xilema. *In* APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M., editoras. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV; p. 129-154, 2006.

COSTA, M.S. **Dinâmica de crescimento de *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) na Floresta Atlântica do estado do Rio de Janeiro: Fenologia, Atividade cambial e Dendrocronologia**. 2011. 56p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 2011.

D'ÊÇA-NEVES, F.F.; MORELLATO, P.C. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Sanana, v. 18, n. 1, p. 99-108, 2004

DAVE, Y.S.; RAO, K.S. Seasonal activity of the vascular cambium in *Gmelina arborea* Roxb. **IAWA Bulletin**, Holanda, Leiden, v. 3, n. 1, p. 59-65, 1982.

DESACATO, Blog. Disponível em: <<http://desacato.info/2010/07/reserva-biologica-do-tingua-%E2%80%93-historia-e-natureza-num-cenario-de-riqueza-e-tristeza/>>. Acesso em 13 dez. 2011.

DOYLE, J.J.; DOYLE, J.L.; BALLENGER, J.A.; DICKSON, E.E.; KAJITA, T.; OHASHI, H. A phylogeny of the chloroplast gene *rbcl* in the Leguminosae: Taxonomic correlations and insights into the evolution of nodulation. **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 84, n. 4, p. 541–554, 1997.

DOYLE, J.J.; LUCKOW, M.A. The Rest of the Iceberg. Legume Diversity and Evolution in a Phylogenetic Context. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 131, p. 900-910, 2003.

DÜNISCH O. Influence of the El-niño southern oscillation on cambial growth of *Cedrela fissilis* Vell. in tropical and subtropical Brazil. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, Alemanha, v. 79, p. 5-11, 2005.

DÜNISCH, O.; MONTÓIA, V.R.; BAUCH, J. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 17, p. 244-250, 2003.

DUTRA, V.F.; GARCIA, F.C.P.; LIMA, H.C.; QUEIROZ, L.P. Diversidade florística de Leguminosae Adans. em áreas de campos rupestres. **Megadiversidade**, Serra do Cipó, v. 4, n. 1-2, p.117-125, 2008.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F. da; PINTO, J. R. Idade e crescimento das árvores. **Comunicações Técnicas Florestais, Brasília, UFB.**, v. 7, n. 1, 25p., 2005.

ESTRADA, G.C.D.; CALLADO, C.H.; LISI, C.S.; SOARES, M. Annual growth rings in the mangrove *Laguncularia racemosa* (Combretaceae). **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 22, p. 663-670, 2008.

EVERT, R.F. The cambium and seasonal development of the phloem in *Pyrus malus*. **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 50, p. 149-159, 1963.

FAHN, A. Xylem structure and annual rhythm of cambial activity in woody species of East Mediterranean regions. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 1, p. 2-6, 1962.

FAHN, A. Seasonal cambial activity and phytogeographic origin of woody plants: a hypothesis. **Israel Journal Plant Science**, Jerusalem, v. 43, p. 69-75, 1995.

FARIA, S. M.; LIMA, H.C.; RIBEIRO, R.D.; CASTILHO, A.F.; HENRIQUES, J.C. **Nodulação em espécies leguminosas da região de Porto Trombetas, Oriximiná, estado do Pará e seu potencial uso no reflorestamento de bacias de rejeito do lavado de bauxita.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 24p. Embrapa Agrobiologia. Documentos, 209. 2006

FARRAR, J.J.; EVERT, R.F. Seasonal changes in the ultrastructure of the vascular cambium of *Robina pseudoacacia*. **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 11, p. 191-202, 1997.

FEDER N.; O'BRIEN, T.P. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 55, p. 123-142, 1968.

FERRAZ, D.K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W. & MAGALHÃES, L.M.. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 59, n.2, p. 305-317, 1999.

FICHTLER, E.; TROUET, V.; BEECKMAN, H.; COPPIN, P.; WORBES, M. Climatic signals in tree rings of *Burkea Africana* and *Pterocarpus angolensis* from semiarid forests in Namibia. **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 18, p. 442-451, 2004.

FONSECA, G.A. B. DA, MITTERMEIER R.A. E SELIGMANN P. Prefácio in GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. A Mata Atlântica da América do Sul: biodiversidade, ameaças e perspectivas; traduzido por Edma Reis Lamas. - São Paulo: **Fundação SOS Mata Atlântica** - Belo Horizonte: **Conservação Internacional**, 2005.

FRANKENSTEIN, C.; ECKSTEIN, D.; SCHMITT, U. The onset of cambium activity - A matter of agreement? **Dendrochronologia**, Italia, v. 23, p. 57-62, 2005.

GEPTS, P.; BEAVIS, W.D.; BRUMMER, E.C.; SHOEMAKER, R.C.; STALKER, H.T.; WEEDEN, N.F.; YOUNG, N.D. Legumes as a Model Plant Family. Genomics for Food and Feed Report of the Cross-Legume Advances through Genomics Conference. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 137, p. 1228-1235, 2005.

GONÇALVES, G.V. **Dendrocronologia: princípios teóricos, problemas práticos e aplicabilidade**. Conferência. CIDEHUS – Universidade de Évora, Évora, Portugal, 2007.

GRAU, H.R.; EASDALE, T.A.; PAOLINI, L. Subtropical dendroecology – dating disturbances and Forest dynamics in northwestern Argentina montane ecosystems. **Forest Ecology and Management**, v. 177, p. 131-143, 2003.

GRICAR J.; KRZE L.; CUFAR K. Number of cells in xylem, phloem and dormant cambium in Silver fir (*Abies alba*), in trees of different vitality. **IAWA Journal**, Leiden, v. 30, p. 121-133, 2009.

GROOVER, A.; ROBISCHON, M. Developmental mechanisms regulating secondary growth in woody plants. **Current Opinion in Plant Biology**, 9:55–58, 2006.

HARPER, J.L. **Population biology of plants**. Academic Press, New York. 1987. 892 p.

HOLANDA, A.C.; FELICIANO, A.L.P.; MARANGON, L.C.; SANTOS, M.S.; MELO, C.L.S.M.S.; PESSOA, M.M.L. Estrutura de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Pernambuco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 103-114, 2010.

HOLMES, R.L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. **Tree-ring Bulletin**, Arizona, v. 43, p. 69-78, 1983.

IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for hardwood Identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 3, p. 219-332, 1989.

INOUE, M.T.; RODERJAN, C.V.; KUNIYOSHI, Y.S. **Projeto madeira do Paraná**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1984.

- JBRJ. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. **Relatório técnico científico** - Projeto Tinguá. 2002.
- JESUS, M.F.S. de. **Análise dos efeitos de borda sobre a composição, dinâmica e estrutura da comunidade arbórea na Mata Atlântica da Reserva Biológica do Tinguá - RJ.** 2009. 149f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, 2009.
- JONO, V.Y. **Anatomia ecológica do lenho e atividade cambial de *Roupala rhombifolia* (Proteaceae) na Serra do Cipó (MG).** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Botânica) 2009. 75 f. - Universidade de São Paulo, SP. 2009.
- KAENNEL, M.; SCHWEINGRUBER, F.H. Multilingual glossary of dendrochronology: terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, **Snow and Landscape Research**, Switzerland, 1995. 467p.
- KALBERG, A. **Molecular Analysis of Factors Regulating Wood Formation and seasonal Growth Cycles in Hybrid Aspen.** Tese (Doutorado) 2011. 70f. - Swedish University of Agricultural Sciences. Umea. 2011.
- KITZBERGER, T.; VELEN, T.T.; VILLALBA, R. Métodos endroecológicos y sus aplicaciones en estudios de dinámica de bosques templados de Sudamérica. *In* **Dendrocronología en América Latina** (F.A. Roig, ed.). Ediunc, Mendoza, p.17-78, 2000.
- KLABIM, R. & MACHADO, A.B.M. Apresentação da edição brasileira in GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. A Mata Atlântica da América do Sul: biodiversidade, ameaças e perspectivas; traduzido por Edma Reis Lamas. - São Paulo: **Fundação SOS Mata Atlântica** - Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005.
- KLEIN, D.E.; GOMES, V.M.; SILVA-NETO, S.J.; DA CUNHA, M. The structure of colleters in several species of *Simira* (Rubiaceae). **Annals of Botany**, Inglaterra, v. 94,p. 733-740, 2004.
- KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. **Growth control in woody plants.** San Diego, California: Academic Press, 1997.
- LACHAUD S.; CATESSON A.M.; BONNEMAIN J.L. Structure and functions of the vascular cambium. **C R Acad Sci**, Paris, v. 322, p. 633–650, 1999.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** São Carlos: Ed. RiMa, 531p., 2000.
- LAVIN, M.; PENNINGTON, R.T.; KLITGAARD, B.B.; SPRENT, J.I.; LIMA, H.C.; GASSON, P.E. The Dalbergioid legumes (Fabaceae): delimitation of a pantropical monophyletic clade. **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 88, n. 3, p. 503-533, 2001.
- LEWIS, G.P.; SCHRIRE, B.; MACKINDER, B.; LOCK, M. **Legumes of the World.** The Royal Botanic Garden. Kew. 2005.

LIETH, H. **Introduction to phenology and the modeling of seasonality. Phenology and seasonality modeling.** H. Lieth (ed.). Ecological Studies 8. Springer - Verlag, Berlin. p. 3-19. 1974.

LIMA, H.C. DE. *Centrolobium* Mart. Ex Benth (Leg. Pap.) - estudo taxonômico das espécies extra-amazônicas. **Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 27, p. 177-191, 1985.

LIMA, H.C. DE. **Leguminosas arbóreas da Mata Atlântica - Uma análise da riqueza, padrões de distribuição geográfica e similaridades florísticas em remanescentes florestais do estado do Rio de Janeiro.** 2000. Tese (Doutorado em Ecologia) - Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

LIPSCHITZ, N.; LEV-YADUN, S. Cambial activity of evergreen and seasonal dimorphics around the mediterranean. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 7, n. 2, p. 145-153, 1986.

LISI, C.S.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; ROIG, F.A.; MARIA, V.R.B.; FERREIRA-FEDELE L.; VOIGT, A.R.A. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in Southeast Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008

LÓPEZ, L; VILLALBA, R. Climate Influences on the Radial Growth of *Centrolobium microchaete*, a Valuable Timber Species from the Tropical Dry Forests in Bolivia. **Biotropica**, v. 2, p. 1-9, 2010.

LUCHI, A. E. **Periodicidade de crescimento em *Hymenaea courbaril* L. e anatomia ecológica do lenho de espécies de mata ciliar.** 1998. 236 f. Tese (Doutorado) -Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

LUFT, J. H. Improvements in epoxy resin embedding methods. **The Journal of Biophysical and Biochemical Cytology**, v. 9, p. 409-14, 1961.

MARCATI, C.R.; ANGYALOSSY, V. Seasonal presence of acicular calcium oxalate crystals in the cambial zone of *Citharexylum myrianthum* (Verbenaceae). **IAWA Journal**, Leiden, v. 26, n. 1, p. 93-98, 2005.

MARCATI, C.R.; ANGYALOSSY, V.; EVERT, R.F. Seasonal variation in wood formation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae) . **IAWA Journal**, Leiden, v. 27, n. 2, p. 199-211, 2006

MARCATI, C.R.; MILANEZ, C.R.D.; MACHADO, S.R. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake Leguminosae: Caesalpinoidae). **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 22, p. 3-12, 2008.

MATTOS, P. P. de. **Identificação de anéis anuais de crescimento e estimativa da idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativas do pantanal da Nheconlândia-MS.** 1999, 116 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

MÉRIDA, T.; SCHÖNHERR, J.; SCHMIDT, H.W. Fine structure of plant cuticles in relation to water permeability: the fine structure of the cuticle of *Clivia miniata* Reg. leaves. **Planta**, Berlin, v. 151, p. 259-267, 1981.

MITTERMEIER, R.A.; MYERS, N.; GIL, P.R.; MITTERMEIER, C.G. Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. **Cemex, Conservation International and Agrupación Sierra Madre**, Monterrey, 1999. 431p.

MITTERMEIER, R.A.; FONSECA, G.A.B. DA; RYLANDS, A.B.; BRANDON, K. A Brief History of Biodiversity Conservation in Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 601-607, 2005.

MMA/IBAMA. **Plano de Manejo da Reserva Biológica do Tingua, RJ**. 2006. [online] Disponível na internet via http://www.institutoterra.org.br/uploads/documentos/plano_de_manejo_rebio_tingua.pdf. Arquivo capturado em 11/12/2010.

MOORE, G.E. Apresentação da edição original in GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. A Mata Atlântica da América do Sul: biodiversidade, ameaças e perspectivas; traduzido por Edma Reis Lamas. - São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica - **Belo Horizonte: Conservação Internacional**, 2005.

MORELLATO, L. P. C.; TALORA D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. B.. Phenology of Atlantic rain forest trees: A comparative study. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 811-823, 2000.

MORENO, M.R.; NASCIMENTO, M.T.; KURTZ, B.C. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na Mata Atlântica de encosta da região do Imbé, RJ. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 17, n. 3, p. 371-386, 2003.

MYERS, N. Threatened Biotas: "Hot Spots" in Tropical Forests. **The Environmentalist**, v. 8, n. 3, p. 187-208, 1988.

MYERS, N. The Biodiversity challenge: Expanded Hot-spot analysis. **The Environmentalist**, v. 10, n. 4, p. 243-256, 1990.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.; MITTERMEIER, C.; DA FONSECA, G.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

OLIVEIRA, J.M.; SANTAROSA, E.; PILLAR, V.D.P.; ROIG, F.D. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 23, p.107-115, 2008.

OLIVEIRA, J.M.; ROIG, F.A.; PILLAR, V.D.P. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in the southern Brazilian highlandsaec. **Austral Ecology**, p. 1-15, 2009.

PESSOA, S.V.A.; OLIVEIRA, R.R. Análise estrutural da vegetação arbórea em três fragmentos florestais na reserva biológica de poço das antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 3, p. 391-411, 2005.

- PINTO, L.P.; BEDÊ, L.; PAESE, A.; FONSECA, M.; PAGLIA, A.; LAMAS, I. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial. Pp. 91-118. In C.F.D. ROCHA, H.G. BERGALLO, M.V. SLUYS, & M.A.S. ALVES (eds.). **Biologia da Conservação: essências**. São Carlos, RiMa. 2006.
- PIRES, J.P.A. **Biologia reprodutiva de *Pseudopiptadenia contorta* e *P. leptostachya* (Leguminosae: Mimosoideae) no Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado) 2006, 52f.– Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro / Escola Nacional de Botânica Tropical, 2006.
- PIRES, A.C.B. **A Conservação genética de espécies arbóreas nativas em remanescentes de Mata Atlântica, no município do Rio de Janeiro**. 2008. 23f. Monografia (Engenharia Florestal). Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2008.
- PIRES-O'BRIEN, M.J.; O'BRIEN, C.M. Ecologia e modelamento de florestas tropicais. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, **Serviço de informação e documentação**, Belém. 1995.
- PIRIE, M.D.; KLITGAARD, B.B.; PENNINGTON, R.T. Revision and Biogeography of *Centrolobium* (Leguminosae - Papilionoideae). **Systematic Botany**, v. 34, n. 2, p. 345-359, 2009.
- QUEIROZ, L.P. **Leguminosas da Caatinga**. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009. 467 p.
- RAJPUT, K.S.; RAO, K.S.; KIM, Y.S. Cambial activity and wood anatomy in *Prosopis spicigera* (Mimosaceae) affected by combined air pollutants. **IAWA Journal**, Leiden, v. 29, n. 2, p. 209-219, 2008.
- RAO K.S., RAJPUT K.S. Seasonal behaviour of vascular cambium in teak (*Tectona grandis*) growing in moist deciduous and dry deciduous forests. **IAWA Journal**, Leiden, v. 20, p.85-93, 1999.
- RAO, K.S.; RAJPUT, K.S. Relationship between seasonal cambial activity, development of xylem and phenology in *Azadirachta indica* growing in different forests of Gujarat State. **Annals of Forest Science**, v. 58, p. 691-698, 2001.
- REBAL. Disponível em: <<http://rebal21.ning.com/video/reserva-biologica-do-tingua>>. Acesso em: 13 dez. 2011.
- REICH, P.B.; BORCHERT, B. Water Stress and Tree Phenology in a Tropical Dry Forest in the Lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, Londres, v. 72, n. 1, p. 61-74, 1984.
- RENSING, K.H.; SAMUELS, A.L. Cellular changes associated with rest and quiescence in winter-dormant vascular cambium of *Pinus contorta*. **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 18, p. 373-380, 2004.
- REYNOLDS, E. S. The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy. **Journal Cell Biology**, v. 17, p. 208-212, 1963.

RIVERA, G.; BORCHERT, R. Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium collections. **Tree Physiology**, v. 21, p. 201-212, 2001.

RIVERA, G.; ELLIOTT, S.; CALDAS, L. S.; NICOLOSSI, G.; CORADIN, V.T.; BORCHERT, R. Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 16, n. 7, p. 445-456, 2002.

RODRIGUES, P. J. F. P.; NASCIMENTO, M. T. Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 1, p. 63-74, 2006.

ROIG, F.A. Dendrocronologia en los bosques del Neotropico: revision y prospeccion futura. In: ROIG, F.A. (org.). **Dendrocronologia en America Latina**. Mendoza, Argentina: EDIUNC, 2000. 434 p.

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G. & MORAES, J.F.L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

RUZIN, S.E. **Plant Microtechnique and Microscopy**. Cambridge, Oxford University Press. 1999.

SASS, J.E. **Elements of Botanical Microtechnique**. Vol. II. McGraw-Hill Book Company, New York, 1958. 222 p.

SAVIDGE, R.A. Intrinsic Regulation of Cambial Growth. **J. Plant Growth Regul**, v. 20, p. 52-77, 2000.

SCALON, V.R. Revisão taxonômica do gênero *Stryphnodendron* Mart. (Leguminosae-Mimosoideae). 2007; Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SCHMITT, U.; GRÜNWARD, C.; ECKSTEIN, D. Xylem structure in pine trees grown near the Chernobyl Nuclear power plant / Ukraine. **IAWA Journal**, Leiden, v. 21, n. 4, p. 379-387, 2000.

SCHÖNGART J., PIEDADE M. T. F., LUDWIGSHAUSEN S., HORNAS V.; WORBES M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p. 581-597, 2002.

SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M.T.F.; WITTMANN, F.; JUNK, W.J.; WORBES, M. Wood growth patterns of *Macaranga acaciifolia* (Benth.) Benth. (Fabaceae) in Amazonian black water and white-water floodplain forests. **Oecologia**, Berlin/Heidelberg, v. 145, n. 3, p. 454-61, 2005.

SCHÖNGART, J.; ORTHMANN, B.; HENNENBERG, K.J.; POREMBSKI, S.; WORBES, M. Climate-growth relationships of tropical tree species in West Africa and their potential for climate reconstruction. **Global Change Biology**, v. 12, p. 1139-1150, 2006.

SCHRADER J, NILSSON J, MELLEROWICZ E, BERGLUND A, NILSSON P, HERTZBERG M, SANDBERG G. A high-resolution transcript profile across the wood-forming meristem of poplar identifies potential regulators of cambial stem cell identity. **Plant Cell.**, v. 16, n. 9, p. 2278-2292, 2004a.

SCHRADER J, MOYLE R, BHALERAO R, HERTZBERG M, LUNDEBERG J, NILSSON P, BHALERAO RP. Cambial meristem dormancy in trees involves extensive remodelling of the transcriptome. **Plant Journal**, v. 40, n. 2, p. 173-187, 2004b.

SCHWEINGRUBER, F.H. **Wood structure and environment**. Berlin: Springer, 2007. 279p.

SEITZ R.A.; KANNINEN M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil: preeliminary results. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 2, p. 170-174, 1989.

SILVA L.C.R.; ANAND M.; LEITHEAD M.D. Recent Widespread Tree Growth Decline Despite Increasing Atmospheric CO₂. **PLoS ONE**, v. 5, n. 7, p. 1-7, 2010.

SKOMARKOVA, M.V.; VAGANOV, E.A.; MUND M.; KNOHL, A.; LINKE, P.; BOERNER, A.; SCHULZE, E.D. Inter-annual and seasonal variability of radial growth, wood density and carbon isotope ratios in tree rings of beech (*Fagus sylvatica*) growing in Germany and Italy. **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 20, p. 571-586, 2006.

SMITH, R. B.; SILVA, E.A.M.; ALIM. P.T.; MAESTRI, M. Periodicidade do crescimento do tronco em cinco espécies no sul da Bahia. Brasil. **Agrotrópica**, v.9, n. 3, p. 99-106, 1997.

SOKPON N., BIAOU S.H. The use of diameter distributions insustained-use management of remnant forests in Benin: case of Bassila forest reserve in North Benin. **Forest Ecology and Management**, v. 161, p. 13–25, 2002.

SOUZA, J.C. **Reserva Biológica do Tinguá: Discutindo o processo de co-gestão a partir de uma iniciativa local**. 2003, 234p. Dissertação (Mestrado). Escola Nacional de Ciências Estatísticas, ENCE – IBGE, Rio de Janeiro.2003.

SPIECKER, H. Tree rings and forest management in Europe. **Dendrochronologia**, Italia, v. 20, n. 1-2, p. 191-202, 2002.

STAHLE D.W.; MUSHOVE P.T.; CLEAVELAND M.K.; ROIG F.; HAYNES G.A. Management implications of annual growth rings in *Pterocarpus angolensis* from Zimbabwe. **Forest Ecology and Management**, v. 124, p. 217-229. 1999.

STOKES, M.A. & SMILEY, T.L. **An Introduction to Tree-ring Dating**. University of Chicago Press, Chicago, USA. 1968.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 679 p.

TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 13-26, 2000.

TOMAZELLO-FILHO, M.; SPATHELF, P. *Cedrela angustifolia* Ses. et Moc. ex Dc., Meliaceae: potential species for tropical dendrochronology. **Paleobotanist**, v. 50, p. 47-53, 2001a.

TOMAZELLO-FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, C.S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento como indicadores ambientais. In: MAIA, N.B.; Martos, H.L.; BARRELA, W. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, p.117-144, 2001b.

TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C.S.; HANSEN, N.; CURY, G. Anatomical features of increment zones in different tree species in the state of São Paulo, Brazil. **Scientia Forestalis**, v. 66, p. 46-55, 2004.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. **Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**, 1991.

VENUGOPAL, N.; LIANGKUWANG, M.G. Cambial activity and annual rhythm of xylem production of elephant apple tree (*Dillenia indica* Linn.) in relation to phenology and climatic factor growing in sub-tropical wet forest of northeast India. **Trees**, Berlin/Heidelberg, v. 21, p. 101-110, 2007.

VERHEYDEN, A.; KAIRO, J.G.; BEECKMAN, H.; KOEDAM, N. Growth Rings, Growth Ring Formation and Age Determination in the Mangrove *Rhizophora mucronata*. **Annals of Botany**, Inglaterra, v. 94, p. 59-66, 2004.

WALTER H.; HARNICKELL E.; MÜELLER-DOMBOIS D. **Climate diagram maps**. Berlin: Springer, 1975.

WANI, B.A.; KHAN, A. Effect of cement dust pollution on the vascular cambium of *Juglans regia* (L.) **Journal of Ecology and the Natural Environment**, v. 2, n. 10, p. 225-229, 2010.

WOJCIECHOWSKI, M.F.; LAVIN, M.; SANDERSON, M.J. A phylogeny of legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid matK gene resolves many well-supported subclades within the family. **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 91, n. 11, p. 1846-1862, 2004.

WORBES, M. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savannas and a mountain forest in the neotropics. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 2, p. 109-122, 1989.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees – A review. **IAWA Journal**, Leiden, v. 16, n. 4, p. 337-351, 1995.

WORBES, M. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserv in Venezuela. **Journal of Ecology**, Londres, v. 87, p.391-403, 1999.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, Italia, v. 20, n.1-2, p. 217-231, 2002.

WORBES ,M.; JUNK, W. J. How old are tropical trees? The persistence of a myth. **IAWA Journal**, Leiden, v. 20, n. 3, p. 255-260, 1999.

WORBES, M.; STASCHEL, R.; ROLOFF, A.; JUNK, W.J. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. **Forest Ecology and Management**, v. 173, p. 105-123, 2003.

YAÑEZ-ESPINOZA, L.; TERRAZAS, T. & LOPEZ-MATA, L. Phenology and radial stem growth periodicity in evergreen subtropical rainforest trees. **IAWA Journal**, Leiden, v. 31, n. 3, p. 293-307, 2010.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. Prentice Hall, New Jersey, 1999. 663 p.